
Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink
Nora Thorade, Christian Zumbrägel (Hg.)
PERSPEKTIVEN AUF STOFFGESCHICHTE
Materialität, Praktiken, Wissen
[transcript] Histoire

Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink, Nora Thorade, Christian Zumbrägel (Hg.)
Perspektiven auf Stoffgeschichte

Histoire | Band 212

Sebastian Haumann (Prof. Dr.), geb. 1981, ist Professor für Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte an der Paris Lodron Universität Salzburg. Er ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte« und promovierte und habilitierte an der Technischen Universität Darmstadt zur Geschichte des Kalksteins als Industrierohstoff.
Eva-Maria Roelevink (PD Dr. phil.), geb. 1984, ist Juniorprofessorin für Wirtschaftsgeschichte an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Sie ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte« und promovierte mit einer Studie zum Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikat. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in der Geschichtspolitik von Unternehmen und der Infrastrukturgeschichte.
Nora Thorade (Dr. phil.), geb. 1982, ist Kuratorin am Deutschen Technikmuseum in Berlin. Die Technikhistorikerin ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte« und promovierte an der Ruhr-Universität Bochum zur Stoffgeschichte der Steinkohle.
Christian Zumbrägel (Dr. phil.), geb. 1986, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin. Der Technikhistoriker ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte« und promovierte an der Technischen Universität Darmstadt zur Geschichte der erneuerbaren Energien.

Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink, Nora Thorade,
Christian Zumbrägel (Hg.)

Perspektiven auf Stoffgeschichte

Materialität, Praktiken, Wissen

[transcript]

Die Publikation wurde im Rahmen der Finanzierung des Wissenschaftlichen Netzwerks »Stoffgeschichte« durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.
Die Open-Access-Publikation wurde durch den Publikationsfonds der Paris Lodron Universität Salzburg gefördert.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.



Erschienen 2023 im transcript Verlag, Bielefeld

Umschlaggestaltung: Jan Gerbach, Bielefeld
Umschlagabbildung: Blick auf die Wand aus Phiolen und Fläschchen unterschiedlicher Teerfarbstoffe in der Ausstellung »Das Zeitalter der Kohle«, eine Gemeinschaftsausstellung vom Ruhr Museum und dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum (mit freundlicher Genehmigung von Danny Gießner: http://www.wahlheimat.ruhr)
Lektorat: Jutta Mühlenberg
Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar
https://doi.org/10.14361/9783839468944
Print-ISBN: 978-3-8376-6894-0
PDF-ISBN: 978-3-8394-6894-4
Buchreihen-ISSN: 2702-9409
Buchreihen-eISSN: 2702-9417

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Inhalt

Perspektiven auf die Stoffgeschichte: Eine Einleitung
Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink, Nora Thorade und Christian Zumbrägel 7

Labore und Wälder
Indigenes Wissen über Kautschuk und was man davon in europäischen Kautschukhistorien erfährt
Jens Soentgen 27

Die Grenzen der (Stoff-)Geschichtsschreibung
Chinarinde um 1800
Stefanie Gänger 61

Stoffe mit Wirkung
Von Kräften und Tugenden in der vormodernen Pharmazie
Barbara Orland 77

Vom Wirken zum Stoff zum Wirken
Zur Begriffsgeschichte aktiver Agentien im 20. Jahrhundert
Heiko Stoff 115

Ohne Kalkstein keine Industrialisierung?
Plädoyer für eine erweiterte Rohstoffgeschichte
Sebastian Haumann 143

Helium in Bewegung
Flüchtiges Speichern in der Stoff- und Infrastrukturgeschichte (1920–1960)
Christian Zumbrägel ... 175

Wirtschaft, Stoffe und das institutionelle Setting
Zur ökonomischen »Codierung« von Kohle und Kali
Ronja Kieffer und Eva-Maria Roelevink ... 207

Stoffgeschichte und Diversifizierung
Kohle als Brennstoff, Abfall und Stofflieferant (1550–1950)
Helge Wendt ... 229

Autor*innenverzeichnis ... 257

Perspektiven auf die Stoffgeschichte: Eine Einleitung

Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink, Nora Thorade und Christian Zumbrägel

Stoffgeschichte – darunter verstehen wir ein Forschungs- und Diskussionsfeld der Geschichtswissenschaften, das auf aktuelle ökologische und gesellschaftliche Herausforderungen reagiert, neuere theoretische Debatten um »Materialität« aufgreift und die Möglichkeit bietet, in einer zunehmend segregiert arbeitenden Geschichtswissenschaft transversale Impulse zu setzen. Mit diesem Band wollen wir das Feld erkunden und aufschließen. Wir greifen damit ein neues und ausgesprochen vielfältiges Interesse an Rohstoffen, Substanzen, Gütern, Ressourcen, Werk- und Wirkstoffen auf. Seit gut einem Jahrzehnt häufen sich die Veröffentlichungen zu einzelnen Stoffen, zu Kohle, Gold, Baumwolle, Salz, Stickstoff, Vitaminen, psychedelischen Substanzen wie Kokain oder LSD, Metallen und seltenen Erden, aber auch toxischen Substanzen wie PCB, Asbest oder DDT.[1] Obwohl die aktuelle Auseinandersetzung an zahl-

1 Vgl. zum Thema Kohle: Helge Wendt, Kohlezeit. Eine Global- und Wissensgeschichte (1500–1900), Frankfurt am Main 2022; Nora Thorade, Das Schwarze Gold. Eine Stoffgeschichte der Steinkohle im 19. Jahrhundert, Paderborn 2020; Christian Böse, Kartellpolitik im Kaiserreich. Das Kohlensyndikat und die Absatzorganisation im Ruhrbergbau, 1893–1919, Berlin u. a. 2018; Eva-Maria Roelevink, Organisierte Intransparenz. Das Kohlensyndikat und der niederländische Markt 1915–1932, München 2015; Timothy Mitchell, Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil, London 2013; Thomas G. Andrews, Killing for Coal. America's Deadliest Labor War, Cambridge, MA 2008. Gold: Bernd-Stefan Grewe, Gold. Eine Weltgeschichte, München 2019. Baumwolle: Sven Beckert, King Cotton. Eine Geschichte des globalen Kapitalismus, München 2014; Giorgio Riello, Cotton. The Fabric that Made the Modern World, Cambridge 2013; Stephan Broadberry u. a., British Economic Growth, 1270–1870, Cambridge 2014. Salz: Jakob Vogel, Ein schillerndes Kristall. Eine Wissensgeschichte des Salzes zwischen Früher Neuzeit und Moderne, Köln 2008. Stickstoff: Hugh Gorman, The Story of N. A Social History of the Nitrogen Cycle and the Challenge of Sustainability, New Brunswick 2013; Gerhard Ertl/Jens Soentgen (Hrsg.), N. Stickstoff – ein Element schreibt Welt-

reiche Vorläufer anknüpfen kann – von Versuchen, über Stoffe ›Geschichten zu erzählen‹ bis zu wirtschafts- und technikgeschichtlichen Studien – spricht doch einiges dafür, dass sich die Perspektiven auf Stoffe in den letzten Jahren erheblich gewandelt haben. Im Mittelpunkt der jüngeren Diskussionen stehen nicht mehr die Stoffe als feste und unveränderliche Bezugsgrößen historischer Prozesse, sondern es sind die Stoffkreisläufe, die Praktiken des Stoffgebrauchs, die Wissensbestände über den Umgang mit stofflichen Eigenschaften und die institutionelle Einfassung von Stoffen, die interessieren. Das neuere Interesse an Stoffen steht unverkennbar unter dem Eindruck aktueller Ressourcendebatten, verbunden mit der Frage nach den Grenzen menschlicher Handlungsmacht im Umgang mit der vermeintlich fest gegebenen materiellen Welt. Mit diesem Band möchten wir einen ersten Schritt wagen, um die Vielfalt der behandelten Stoffe, Forschungsansätze und Erkenntnisinteressen, die sich in den letzten Jahren herausgebildet haben, zusammenzubringen.

Analytisch bietet die Stoffgeschichte eine Klammer für unterschiedlichste Perspektiven, deren Gemeinsamkeiten im Einzelnen erst noch ausgelotet werden müssen. Auffällig ist, dass nahezu alle in dem Feld erschienenen Studien exemplarisch angelegt sind, d. h. sich auf einen Stoff konzentrieren und von diesem ausgehend argumentieren.[2] Selbst Forschungsarbeiten, die den Begriff »Stoffgeschichte« explizit gebrauchen,[3] beziehen sich nicht auf

---

geschichte, München 2015. Vitamine: Heiko Stoff, Wirkstoffe. Eine Wissenschaftsgeschichte der Hormone, Vitamine und Enzyme, 1920–1970, Stuttgart 2012. Psychedelische Substanzen: Beat Bächi, LSD auf dem Land. Produktion und kollektive Wirkung psychotroper Stoffe, Göttingen 2020. Metalle und seltene Erden: Carl Zimring, Aluminium Upcycled. Sustainable Design in Historical Perspective, Baltimore, MD 2017; Luitgard Marschall/Heike Holdinghausen, Seltene Erden. Umkämpfte Rohstoffe des Hightech-Zeitalters, München 2018. Toxische Substanzen: Michelle Mart, Pesticides, a Love Story: America's Enduring Embrace of Dangerous Chemicals, Lawrence 2015; Claas Kirchhelle, Toxic Tales. Recent Histories of Pollution, Poisoning, and Pesticides (ca. 1800–2010), in: NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 26:2, 2018, S. 213–229; Jessica Van Horssen, A Town Called Asbestos. Environmental Contamination, Health, and Resilience in a Resource Community, Vancouver 2016; Paul Erker, A Comparative Perspective of Asbestos as an Industrial and Environmental Hazard, in: Global Environment 7:1, 2014, S. 72–105.

2 Eine Ausnahme bildet etwa Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019.

3 Studien, die explizit von »Stoffgeschichte« sprechen, sind: Simon Große-Wilde, Werkstoff zwischen den Systemen – Eine Stoffgeschichte der Vulkanfiber im 19. und 20. Jahrhundert, Heidelberg 2022; Sebastian Haumann, Kalkstein als »kritischer« Roh-

ein übergreifendes Konzept, sondern verwenden ihn, um herauszustellen, dass der Stoff ein eigenständiger Untersuchungsgegenstand der Geschichtswissenschaften sein könnte und auch sein sollte. Im Unterschied zu dem inzwischen recht bekannten Konzept der »Stoffgeschichte*n*«,[4] das von Stefan Böschen, Armin Reller und Jens Soentgen bereits nach der Jahrtausendwende eingeführt wurde, geht es uns nicht vorrangig darum, Narrative zu entwickeln, die am Beispiel ausgewählter Stoffe natur- und geschichtswissenschaftliche Erkenntnisse zusammenbringen, um damit zur gesellschaftlichen Reflexion über den Verbrauch von Ressourcen und »zu einem kreativeren und umsichtigeren Umgang« mit Stoffen anzuregen.[5] Der von uns im Singular verwendete Begriff der »Stoffgeschichte« beansprucht vielmehr eine stärker problemanalytische und geschichtswissenschaftliche Ausrichtung. Als solcher ist er keineswegs darauf angelegt, Stoff als Kategorie der historischen Forschung zu definieren. Vielmehr möchten wir ihn als offenen Suchbegriff verwenden. Das macht die Stoffgeschichte aus unserer Sicht zu einem Feld, um bestehende, aber isolierte Herangehensweisen und Erkenntnisinteressen miteinander ins Gespräch zu bringen.

Ein übergreifendes Konzept der Stoffgeschichte zu entwickeln, das einen offenen und flexiblen Stoffbegriff zugrunde legt, sodass einerseits die Vielfalt der Stoffe und andererseits die mannigfaltigen theoretischen Ansätze greifbar werden, ist eine Herausforderung, die wir als zentrale Aufgabe für die künftige Forschung verstehen. Der vorliegende Band stellt ein erstes Ergebnis unserer Diskussionen dar, die wir auf unseren Arbeitstreffen im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Netzwerkes

---

stoff. Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930, Bielefeld 2020; Thorade, Das Schwarze Gold; Heike Weber, Zur Materialität von Müll: Abfall aus stoffgeschichtlicher Perspektive, in: Blätter für Technikgeschichte 77, 2015, S. 75–100; Bernd-Stefan Grewe, Raum und Macht – Eine Stoffgeschichte des Goldes im frühen 20. Jahrhundert, in: Jahrbuch Für Wirtschaftsgeschichte 57:1, 2016, S. 59–90.

4 Vgl. dazu insbes. die in der Schriftenreihe »Stoffgeschichten« im oekom-Verlag erschienen Bände (Auswahl): Aluminium (Luitgard Marschall), Dreck (David Montgomery), Holz (Joachim Radkau), Kaffee (Heinrich Eduard Jacob), Kakao (Andrea Durry/Thomas Schiffer), Milch (Andrea Fink-Keßler), Sand (Vice Beiser), seltene Erden (Luitgard Marschall/Heike Holdinghausen) und Zucker (James Walvin).

5 Stefan Böschen/Armin Reller/Jens Soentgen, Stoffgeschichten. Eine neue Perspektive für transdisziplinäre Umweltforschung, in: GAIA 13:1, 2004, S. 19–25, hier S. 25.

Stoffgeschichte zwischen 2019 und 2023 führen konnten.[6] Der erste, und aus heutiger Sicht auch reichlich naive Anspruch unserer Zusammenarbeit war es, aus den Geschichten einzelner Stoffe, mit denen wir uns als Historiker:innen verschiedener Teildisziplinen bereits befasst hatten, verallgemeinerbare Schlüsse für die historische Analyse von Stoffen zu ziehen. Es hat sich dann allerdings schnell herausgestellt, dass es schwierig ist, die Besonderheiten einzelner Stoffe in ein analytisch weitreichendes Korsett zu pferchen, zumal wir immer wieder auf die je eigene theoretische und spezifische geschichtswissenschaftliche Ausrichtung zurückgeworfen waren. Dabei wurde deutlich: Was uns bisher fehlte, ist viel grundlegender. Wir brauchen einen engen Austausch zwischen den unterschiedlichen geschichtswissenschaftlichen Perspektiven, bevor wir uns der Konzeptionalisierung einer umfassenden Stoffgeschichte widmen können. Denn zum einen sind es die Eigenheiten und die Heterogenität von Stoffen und Perspektiven, die der Stoffgeschichte ihren besonderen Reiz verleihen. Jeder Stoff ist einzigartig, ebenso wie die Geschichten, die sich entlang des Stoffes schreiben lassen. Stoffgeschichte ist daher nicht auf eine handverlesene Kategorie von Substanzen oder Gütern zu beziehen, oder auf die *eine* Methode oder den *einen* Ansatz. Und doch gibt es Ähnlichkeiten, Überlappungen und Stoffwege, theoretisch-analytische Pfade, die sich in einen Zusammenhang stellen lassen. Zum anderen haben wir die Stoffgeschichte bewusst als geschichtswissenschaftliche Herausforderung angenommen, die zwar theoretische Anregungen aufgreifen muss, im Kern aber auf die Operationalisierung theoretischer Annahmen angewiesen ist. Das heißt konkret, dass unsere Forschungen auf Quellen basieren müssen und in der Regel weiterhin exemplarisch angelegt sein werden. Die zentrale Frage ist allerdings, welche neuen Erkenntnisse möglich sind, wenn man sich dem gewählten jeweiligen Stoff analytisch aus einem anderen Blickwinkel nähert.

Die in diesem Band zusammengebrachten Aufsätze zeigen in einer empirisch fundierten und theoretisch breiten Form verschiedene Perspektiven aus den Geschichtswissenschaften, die sich mit den Schlagworten Materialität, Praktiken und Wissen verbinden lassen. Die ausgewählten Beiträge veranschaulichen, wo wir Überschneidungen und Gemeinsamkeiten sehen, die die Stoffgeschichte als potenzielles Forschungs- und Diskussionsfeld zusammenhalten. Sie basieren alle auf einer breiten Quellenkenntnis, nehmen

6 Wir danken den Teilnehmer:innen Stefanie Gänger, Simon Große-Wilde, Günther Luxbacher, Barbara Orland, Jens Soentgen, Heiko Stoff, Frank Uekötter und Helge Wendt für ihre Beteiligung und die vielen anregenden Diskussionen.

eine sorgfältige historische Kontextualisierung vor und präsentieren dabei unterschiedliche Vorschläge und Anregungen. Das Forschungsprogramm der Stoffgeschichte ist folglich integrativ angelegt. Es nutzt die Heterogenität der geschichtswissenschaftlichen Disziplinen und verdeutlicht, wie die Integration theoretischer Ansätze zu anderen – und durchaus auch neuen – Interpretationen führen kann. Im Zuge unserer Auseinandersetzung haben sich drei Kennzeichen der Stoffgeschichte als konsensfähig erwiesen, die wir als grundlegend für die weitere Diskussion setzen:

1. *Stoff ist eine dynamische Kategorie*. Die Bedeutung für die geschichtswissenschaftliche Forschung liegt darin, dass Stoffe in ihren Eigenschaften keineswegs fix, sondern veränderlich sind. Die Wahrnehmung, Beschreibung und Verwendung von Stoffen unterliegt ebenso einem historischen Wandel wie ihre Merkmale und diejenigen Prozesse, die auf die Eigenaktivität von Stoffen zurückzuführen sind. Die geschichtswissenschaftliche Auseinandersetzung mit Stoffen bedeutet daher, den Wandel und die selbstaktive Wandelbarkeit von Stoffen mitzudenken und in die Analyse mit aufzunehmen.
2. *Materialität hebt auf das wechselseitige Verhältnis zwischen Stoffen und menschlichen Akteuren ab*. Für die Stoffgeschichte bilden die theoretischen Debatten über die »agency« von Stoffen eine zentrale Ausgangsbasis. Für die operationalisierbare geschichtswissenschaftliche Erforschung steht aber die Einbindung und Einbettung von Stoffen in gesellschaftliche, kulturelle, ökonomische und technische Kontexte im Mittelpunkt – nicht zuletzt, weil Stoffe erst in diesen Kontexten Bedeutung und Konfliktpotenzial erlangen, die sich in den verfügbaren Quellen niederschlagen.
3. *Stoffgeschichte hat das Potenzial, Teildisziplinen der Geschichtswissenschaft zu integrieren.* Mit dem Fokus auf den Stoff einerseits und dem durch menschliche Handlung durchwobenen Kontext andererseits ist die Stoffgeschichte in der Lage, verschiedene Teildisziplinen und Ansätze geschichtswissenschaftlicher Forschungen zu verbinden. Sie führt Zugänge und Erkenntnisinteressen der Technik- und Umweltgeschichte, der Wirtschafts- und Medizingeschichte sowie der Wissens- und Globalgeschichte zusammen. Der analytische Blick auf Stoffe zeigt zahlreiche Schnittmengen mit andernorts erzählten Geschichten auf und fügt Bereiche wie Technik, Umwelt, Ökonomie und Wissenschaft in neue – transversale – Zusammenhänge ein. Damit leistet die Stoffgeschichte auch in einer ganz praktischen Hinsicht einen erkenntniserweiternden Beitrag, indem sie

nämlich Historiker:innen der inzwischen stark segregierten Fachkulturen miteinander ins Gespräch bringt.

Stoffe als dynamische Kategorie

»Stoffe« und »Geschichte« zusammenzudenken, liegt keineswegs auf der Hand: Haben Stoffe überhaupt eine Geschichte, handelt es sich nicht am Ende um unveränderliche Molekülverbindungen, die schlicht ›da‹ sind? Aus historischer Sicht ist es gerade die Aufhebung dieser statischen Vorstellung, die das interessanteste Kennzeichen von Stoffen darstellt. Im Unterschied zu den meisten gegenwartsbezogenen Stoffdefinitionen richten wir den Fokus darauf, dass Stoffe selbst veränderlich sind wie die Kontexte, in die sie eingebettet sind: Vom Wandel der Begriffe, die Stoffe bezeichnen, über die soziotechnischen Zusammenhänge und Wertschöpfungsketten, in denen sie produziert, prozessiert oder genutzt werden, bis hin zu den Eigenaktivitäten, die Stoffe entfalten, wenn sie dissipieren, korrodieren oder miteinander reagieren. Damit erlangt die *Stoffdynamik* einen wesentlichen Rang in der Auseinandersetzung, die sich in der stoffhistorischen Analyse auf mehreren Ebenen niederschlägt.

Unmittelbar deutlich wird die historische Dynamik von Stoffen im Wandel der Begriffe, mit denen Menschen Stoffe als Kategorie belegt haben. Eine Begriffsgeschichte für ›Stoffe‹ im eigentlichen Sinne steht noch aus, es lassen sich aber Tendenzen ausmachen, die *Jens Soentgen* in den konzeptionellen Vorbemerkungen seines Beitrags zum indigenen Kautschukwissen herausstellt. Wie viele andere Begriffe durchlief auch der »Stoff« während der Sattelzeit einen grundlegenden Wandel, der aufs Engste mit der Suche nach Gesetzmäßigkeiten und Ordnungsmustern in der »Natur« im Zusammenhang stand. Mit der Ausdifferenzierung des wissenschaftlichen Fächerkanons setzte im Laufe des 19. Jahrhunderts eine sprachliche Differenzierung ein, die das Wort »Stoff« in Verbindung mit einer wachsenden Zahl von Adjektiven stellte, um Merkmale einzelner Fachdisziplinen zu betonen. Auf diese Weise entstanden komplexe und auf Abgrenzung abzielende Begriffssysteme, »Rohstoffe«, »Kunststoffe« oder »Wirkstoffe« mit ihren beinahe unzählbaren Unter- und Begleitbegriffen. Daneben etablierten sich konkurrierende Bezeichnungen, »Substanzen«, »Reagenzien« oder »Mineralien«, die aus unserem allgemeinen Sprachgebrauch weitgehend verschwunden sind, mitunter als Fachbegriffe aber weiter Verwendung finden. Eine adäquate Übersetzung von »Stoff« in

andere Sprachen existiert nicht. Die englischen Wörter »substances« oder »materials«, die in Forschungsdiskursen der Natur- und Technikwissenschaften präsent sind, transportieren einen anderen Bedeutungsinhalt: Sie objektivieren Stoffeigenschaften, rekurrieren aber nicht auf ihre Dynamik.

Bei der Bezeichnung einzelner Stoffe zeigt der Blick in andere Kulturräume, wie wandelbar und zugleich kulturspezifisch Stoffe und ihre Eigenschaften bzw. Gebrauchsweisen sind und entsprechend verstanden werden können. Im Deutschen unterscheiden wir zwischen Gummi und Kautschuk (in unzähligen Schreibweisen). Aber erst seit dem 19. Jahrhundert wurde das im 18. Jahrhundert geläufige »Federharz« sprachlich differenziert. »Rubber« meint im Englischen beides, Gummi und Kautschuk. In Brasilien wird Kautschuk als »borracha«, in Mittelamerika als »ule« bezeichnet.[7] Soentgen nimmt in seinem Aufsatz die begrifflichen Unterschiede auf und führt sie in einer Geschichte des Wissenstransfers zusammen. Anhand des Kautschuks kontrastiert Soentgen die Entwicklung des indigenen Wissens um die Herstellung und Nutzung von Kautschuk mit der europäisierten Wissensnutzung. So unterschiedlich die Wissensformen sind, so selektiv und partiell war die Absorption von indigenem Wissen in die ›moderne Zivilisation‹. Das Quellenproblem, mit dem dabei umzugehen ist, ist erheblich, sodass Soentgen besonders den Produkten indigenen Kautschukwissens nachgeht und damit verdeutlichen kann, in welchem Ausmaß die vermeintlich ›moderne Zivilisation‹ von dem indigenen Wissen profitiert und es bedenkenlos für die eigene Kategorisierung adaptiert hat. Eine begriffsgeschichtliche Perspektive ist damit immer in ihren Verflechtungen zur kulturspezifischen Aneignung von Stoffen zu betrachten.

Während in manchen Regionen unzählige Bezeichnungen genutzt werden, wird stoffliche Vielfalt andernorts begrifflich eingeebnet. *Stefanie Gänger* zeigt in ihrem Aufsatz die Grenzen einer historischen Perspektive auf, die den Anspruch erhebt, global zirkulierende Stoffe in distinktiven Stoffidentitäten beschreiben zu wollen. Folgt die historische Analyse den Wanderungen einzelner Stoffe entlang ihrer Wertschöpfungskette, stoßen wir immer auch auf begriffs- bzw. sprachgeschichtliche Wandlungsprozesse. Für die Chinarinde,

---

7 Siehe Luitgard Marschall/Claudia Schmidt/Jens Soentgen, Stoffgeschichten. Ein Instrument zur Analyse und Kommunikation, in: Armin Reller u. a. (Hrsg.), Ressourcenstrategien. Eine Einführung in den nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen, Darmstadt 2013, S. 195–210, hier S. 201; siehe auch Gregg Mitman, Empire of Rubber. Firestone's Scramble for Land and Power in Liberia, New York 2021, S. 18–20.

einem in der Frühen Neuzeit weltweit verbreiteten Fiebermittel, existierten im 18. Jahrhundert nicht nur unzählige Bezeichnungen, Fälschungen und Surrogate, auch die chemischen Zusammensetzungen und Gebrauchsweisen waren fluide und veränderlich, sodass der Stoff in frühneuzeitlichen Quellen kaum als einheitliche Substanz, sondern allein über den Wandel einer Stoffkategorie analytisch zu greifen ist.

Die begriffsgeschichtliche Herangehensweise präferiert bisher die einseitige Sicht auf die Begriffsschaffung durch westliche Wissenschaften, die zwischen dem 18. und dem 20. Jahrhundert ihre eigenen naturwissenschaftlichen Beschreibungsmodelle und Klassifikationssysteme entwickelten – oftmals mit universellem Gültigkeitsanspruch. Damit veränderte sich die epistemische Logik, die der Begriffsbildung zugrunde lag. Die abstrakte naturwissenschaftliche Beschreibung entzauberte Stoffe und machte sie zu ›Recheneinheiten‹ in chemischen, physikalischen oder biologischen Modellen, mit denen sich Reaktionen zwischen Stoffen oder mit Organismen eindeutig – so jedenfalls der Anspruch – bestimmen ließen.[8] Die Zusammensetzung der chemischen Elemente, die molekulare Struktur und deren Mischverhältnisse für die wirtschaftliche Nutzung avancierten zu wichtigen Kriterien für die (Neu-)Definition von Stoffen. Die Vorstellung dieser vermeintlich überlegenen Kategorisierung ist natürlich aufzubrechen. So blieb bisher oft unklar, inwiefern die Bezeichnungen, die Menschen einzelnen Stoffen in der Vergangenheit gegeben haben, überhaupt identisch sind mit dem, was heute mit den gleichen Begriffen bezeichnet wird. Das gilt insbesondere für den Übergang von der Frühen Neuzeit zum 19. Jahrhundert, als die Bestimmung von Stoffen von visuellen, olfaktorischen oder haptischen Merkmalen zunehmend mittels chemischer, physikalischer oder biologischer Ordnungsmuster vorgenommen wurde. Mitunter schlug sich das begrifflich nieder, beispielsweise wenn aus »Roteisenstein« »Hämatit« wurde. Die Wandelbarkeit stofflicher Begriffe und Konzepte zeichnen *Barbara Orland* und *Heiko Stoff* in ihren Aufsätzen am Beispiel medizinisch relevanter Substanzen nach. Wie Stoff verdeutlichen kann, ist das Konzept des »Wirkstoffes« historisch betrachtet vergleichsweise jung.

---

8 Kijan Espahangizi/Barbara Orland, Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe. Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, in: dies. (Hrsg.), Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, Zürich 2014, S. 11–35, hier S. 14; siehe auch Lea Haller/Sabine Höhler/Andrea Westermann, Rechnen mit der Natur. Ökonomische Kalküle um Ressourcen, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 37:1, 2014, S. 8–19.

Um 1900 bezog sich der Begriff zunächst und in einem engeren Verständnis auf die gerade erst entdeckten Hormone, Vitamine und Enzyme. Erst im Laufe des 20. Jahrhunderts weitete sich der Begriff in einem verallgemeinerbaren Sinne auf pharmakologisch wirksame Stoffe aus. Aber schon Generationen vor der modernen Biochemie, so zeigt es Orland in ihrem Beitrag, beschrieben Apotheker und Heilkundige sämtliche Arzneien, indem sie deren stofflichen Wirkungen und Kräfte beobachteten – ganz ohne die moderne Kategorie der »Wirkstoffe« zu kennen. In der Regel aber wurden Begriffe, die ihre Bezeichnung in der Vormoderne erhalten hatten, einfach umgedeutet.

Nicht nur die Bedeutungszuschreibungen und Klassifikationssysteme für Stoffe wurden fortlaufend verändert und verschoben, auch die Eigenschaften der Stoffe waren grundsätzlich wandelbar. Denn mit den Wahrnehmungen und Erwartungen, die Gesellschaften an bestimmte Stoffe, ihre Vorkommen und Eigenschaften geknüpft haben, veränderte sich auch, wie Stoffe materiell definiert waren.[9] Am Beispiel des Kalksteins zeigt *Sebastian Haumann* in seinem Aufsatz, wie dieses Gestein als Rohstoff der Eisen- und Stahlindustrie im 19. Jahrhundert durch naturwissenschaftliche Verfahren und ökonomische Interessen in seiner materiellen Substanz normiert wurde. In diesem Fall vollzog sich ein materieller Wandel in enger Abhängigkeit zum sozioökonomischen Kontext, in dem der Stoff eingebettet war. Aus einer praxeologischen Perspektive analysiert Haumann die stoffliche Komplexität hinter dem oft als einfachem ›Fortschrittsnarrativ‹ gegriffenen Industrialisierungsprozess. Denn Kalkstein erwies sich zwar als ein für die Eisen- und Stahlherstellung geeigneter Zuschlagstoff, dafür war es aber notwendig, dessen materielle Eigenschaften neu zu konstruieren.

Stoffen ist zudem ein beträchtliches Maß an Eigenaktivität zuzuschreiben. Einige Stoffe zeigen sich beständig, die meisten Stoffe haben aber ein ausgeprägtes Dissipationsvermögen, d. h., sie reagieren, vermischen sich, spalten sich von anderen Stoffen ab und verteilen sich nach eigenem Plan in feinster Form in der Umwelt. Die intendierten – teils aber auch ungeplanten – Wirkungen auf wissenschaftlich-technische Prozesse kamen vor allem dann zur Entfaltung, wenn Menschen Stoffe entlang ihrer Wertschöpfungskette bewegten und dislozierten. Rohstoffe wie fossile Energieträger, Metalle oder seltene Erden werden zwischen den Lager- bzw. Abbaustätten und den Zentren

---

9 Vgl. Ole Sparenberg/Matthias Heymann, Introduction: Resource Challenges and Constructions of Scarcity in the Nineteenth and Twentieth Centuries, in: European Review of History 27:3, 2020, S. 243–252.

des Konsums oftmals über weite Distanzen transportiert. Währenddessen wandeln sich wie etwa beim Erdgas nicht nur die Aggregatzustände, sondern die mobilisierten Stoffe überschreiten auch Grenzen, etwa politische, ökologische, aber auch die Grenzen menschlicher Körper. In der Stoffgeschichte sind es zumeist diese vielfältigen Dynamiken, die Stoffe jenseits der Labore und außerhalb der Werksgelände entfaltet haben und die vielfältige Unwägbarkeiten und Kontingenzen produzierten, wenn Menschen die Stoffe nutzen und verwerten wollten. Stoffe zirkulieren nämlich selten in weitgehend linearen Ketten oder geradlinigen Bewegungen; die Eigendynamik der Materie führt die Kontrollierbarkeit der Stoffe regelmäßig an Grenzen, worauf etwa die Vulnerabilität technischer Transportsysteme verweist. Dies zeigt sich, wenn Öl aus geborstenen Tankern entweicht und sich in den Weltmeeren ausbreitet, wenn Pestizide und Mikroplastik ins Grundwasser diffundieren oder wenn bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe Kohlenstoffdioxid entsteht, das sich in der Erdatmosphäre verteilt.

Insofern überlagern sich in der Stoffgeschichte Bewegungsvorgänge unterschiedlicher Reichweiten und Ausprägungen. Das Changieren zwischen diesen vielfältigen Formen der Stoffdynamik stellt stoffhistorische Forschungen vor Herausforderungen und macht die Untersuchung »bewegter Stoffe« zu einem komplexen Unterfangen.[10] Technik- und Umwelthistoriker:innen haben mit Begriffen wie »Stoffstrom« und »Stoffwechsel« (social metabolism) Konzepte entwickelt, die Stoffumsätze innerhalb sozialer Systeme sichtbar machen und in ihren Verstrickungen mit einer voranschreitenden »Kolonisierung der Natur« untersuchen – jenen sozio-ökologischen Auswirkungen (z. B. Umweltverschmutzungen, Knappheiten und Nutzungskonflikte), die der gesteigerte Materialumsatz der Industriegesellschaften in den Gebieten der Rohstoffentnahme zur Folge hat.[11] Studien zur Logistikgeschichte sprechen von »Materialflüssen« und wirtschaftshistorische Arbeiten von »commodity chains« bzw. »Warenströmen«, wenn die Wege der Stoffe in zunehmend global vernetzten Rohstoffmärkten verfolgt und gleichzeitig die

---

10 Espahangizi/Orland, Pseudo-Smaragde, S. 27 f.

11 Vgl. Heike Weber, Material Flows and Circular Thinking, in: Sebastian Haumann/Martin Knoll/Detlev Mares (Hrsg.), Concepts of Urban-Environmental History, Bielefeld 2020, S. 125–143; Marina Fischer-Kowalski u. a., Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie, Amsterdam 1997; Frank Uekötter, Umwelt- und Ressourcenprobleme, in: Hans-Ulrich Thamer (Hrsg.), Globalisierung. 1880 bis heute, Darmstadt 2010, S. 373–402, hier S. 375.

damit verbundenen Prozesse analysiert werden, die mit der Extraktion von Rohstoffen, ihrer Verarbeitung zu nutzbaren Ressourcen, ihrer Lagerung und Speicherung und schließlich dem Handel und Konsum verbunden sind.[12] *Christian Zumbrägel* schlägt in seinem Beitrag die Verknüpfung von Stoff- und Infrastrukturgeschichte als eine analytische Linse vor, um die Effekte stofflicher Eigenaktivitäten während ihrer Wanderungen sichtbar zu machen. Am Beispiel einer ausgesprochen flüchtigen Substanz – dem Industriegas Helium – rücken in seinem Aufsatz Abschnitte der Stoffströme ins Blickfeld, die selten systematisch untersucht werden. Der Fokus liegt auf der Speicher- und Transportlogistik der Heliumbranche, deren historische Analyse die technischen Herausforderungen verdeutlicht, die damit verbunden waren, dieses zwar wertvolle, aber nur schwer beherrschbare – gar störrische – Industriegas nutzbar zu machen. Bis ins letzte Drittel des 20. Jahrhunderts fehlten geeignete Techniken, um die dissipierende und wandelbare Substanz zuverlässig, effizient und in großen Mengen über Kontinente und Ozeane hinweg zu befördern – eben weil die stofflichen Eigenschaften enorme Anforderungen an das technische Niveau der Lager- und Transporteinrichtungen stellten.

Stoffgeschichte und »Materialität«

Unsere Diskussionen über ein mögliches Konzept der Stoffgeschichte waren immer wieder von den theoretischen Ansätzen inspiriert, die gegenwärtig unter dem Schlagwort *Materialität* zusammengefasst werden. Insbesondere die Anerkennung der Eigenaktivität des Materials, das soziotechnische Prozesse beeinflusst bzw. strukturiert, wirkt oft störend auf die Grundannahmen der meisten geschichtswissenschaftlichen Ansätze. In den Science and Technology Studies setzen sich Wissenschaftler:innen dagegen bereits seit Längerem mit der Erforschung und Verortung von Stoffen und ihren Beziehungen auseinander. Deutlich heben sie die materielle Ausstattung ihrer Untersuchungsräume als eine wichtige Bedingung hervor, die neben den Personen und Ge-

---

12 Matthew Evenden, Aluminum, Commodity Chains, and the Environmental History of the Second World War, in: Environmental History 16:1, 2011, S. 69–93, hier S. 70 f.; Bernd-Stefan Grewe, Global Commodities and Commodity Chains, in: Tirthankar Roy/Giorgio Riello (Hrsg.), Global Economy History, London 2019, S. 215–228; Lea Haller, Transithandel. Geld und Warenströme im globalen Kapitalismus, Berlin 2019; Monika Dommann, Materialfluss. Eine Geschichte der Logistik an den Orten ihres Stillstandes, Frankfurt am Main 2023.

genständen mitbetrachtet wird und als relevant für die untersuchten Prozesse gelten muss. Diese besondere Sensibilität für das Material, die materielle Kultur und den Stoff macht ihre Ansätze für die Stoffgeschichte interessant, bietet Anregungen und gibt gleichsam Anlass für eine methodisch-theoretische Positionierung.[13] Reizvoll sind diese Ansätze, weil sie sich von einer anthropozentrischen Sicht lösen und die sozialen, kulturellen und wissenschaftlichen Phänomene in den Fokus nehmen. Allerdings lässt sich auch eine theoretische Gegenströmung erkennen, die – ausgehend von der geschichtswissenschaftlichen Quellenarbeit – die Relevanz der historischen Auseinandersetzung mit Stoffen betont.

Auch den Material Culture Studies geht es sowohl darum, die Bedeutung der Eigenschaften und die Einbindung von Stoffen und Objekten in kulturellen Kontexten herauszuarbeiten, als auch darum, die materielle Kultur als elementaren Bestandteil der Gesellschaft zu verstehen.[14] Für die Stoffgeschichte ist besonders der Umgang mit materieller Kultur als Quelle interessant, was nicht nur einen breiten Quellenbegriff voraussetzt, sondern auch ein interdisziplinäres Vorgehen in der Quellenanalyse ermöglicht. Letzteres entwickelte sich ausgehend von der Ur- und Frühgeschichte, die ihre wesentlichen Erkenntnisse aus der Untersuchung materieller Überreste erarbeitet und zunehmend auch für die modernen Epochen Relevanz gewinnt.[15]

Im Gegensatz zu den meisten geschichtswissenschaftlichen Konzepten setzen diese Theorien die Eigendynamik von Stoffen voraus. Der Akteur-Netzwerk-Theorie folgend bedeutet das, die Stoffe selbst zu Protagonisten zu machen, was im Latour'schen Sinne die Eigendynamiken und Aktivitäten

---

13 Vgl. Ursula Klein/Wolfgang Lefèvre, Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology, Cambridge, MA 2007, S. 295–305; Dolly Jørgensen/Finn Arne Jørgensen/Sara B. Pritchard (Hrsg.), New Natures. Joining Environmental History with Science and Technology Studies, Pittsburgh, PA 2013; Sara B. Pritchard/Carl A. Zimring, Technology and the Environment in History. Historical Perspectives on Technology, Society, and Culture, Baltimore 2020.

14 Vgl. Anne Gerritsen/Giorgio Riello, Introduction. Writing Material Culture History, in: dies. (Hrsg.), Writing Material Culture History, London 2015, S. 1–13; Tony Bennett/Patrick Joyce, Material Powers. Introduction, in: dies. (Hrsg.), Material Powers. Cultural Studies History and the Material Turn, New York 2010, S. 1–21; Hans Peter Hahn/Jens Soentgen, Acknowledging Substances: Looking at the Hidden Side of Material World, in: Philosophy & Technology 24:1, 2011, S. 19–33.

15 Vgl. Hans Peter Hahn/Manfred K.H. Eggert/Stefanie Samida, Einleitung: Materielle Kultur in den Kultur- und Sozialwissenschaften, in: dies. (Hrsg.), Handbuch Materielle Kultur. Bedeutungen, Konzepte, Disziplinen, Stuttgart 2014, S. 1–12.

der physikalisch wirksamen Materialität betont.[16] Damit lassen sich Stoffe in die Überlegungen zur Wirkmächtigkeit oder »agency« von Geräten und Dingen einordnen und als Akteure verstehen. Voraussetzung für die »agency« von Stoffen ist damit die Annahme, dass alles, was Wirkungen hervorruft, handelt.[17] Vertreter:innen der Akteur-Netzwerk-Theorie unterstreichen, dass jeder Akteur auch ein Netzwerk darstellt und jedes Netzwerk als Akteur wirkt, je nachdem, in welchem Zusammenhang und unter welcher Fragestellung sie betrachtet werden.[18] So in den Blick genommen, können Stoffe soziale Praktiken erzeugen und menschliche Verhaltensweisen beeinflussen. Um zu verdeutlichen, dass nicht nur menschliche Akteure in Netzwerken zusammenwirken, wurde der Begriff Aktant eingeführt, der die wirkmächtigen nicht menschlichen Akteure bezeichnet: Stoffe können hier ebenso gemeint sein wie Dinge, Pflanzen oder Tiere.[19] Grundsätzlich kann herausgestellt werden, dass Stoffe innerhalb ihrer Netzwerke nicht nur irgendwie wirken, sondern dass die dem Stoff inhärenten »Neigungen« bestimmte anthropogene »Eignungen« evozieren.[20] Zudem verändern sich die Stoffe und ihre Wirkungen in einem Netzwerk, etwa durch die Einführung neuer Techniken, Veränderungen der wirtschaftlichen, politischen oder rechtlichen Rahmenbedingungen oder neue wissenschaftliche Erkenntnisse. Viele Stoffe können modifiziert und angepasst werden, wobei sie mit ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften auch menschliche Handlungsspielräume erweitern oder einschränken können. Die Anpassung von Stoffen kann zielgerichtet erfolgen, schädliche Wirkungen können verhindert, günstige Eigenschaften verstärkt

---

16 Vgl. Bruno Latour, Can We Get Our Materialism Back, Please?, in: Isis 98:1, 2007, S. 138–142.

17 Vgl. Bruno Latour, Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie, aus dem Engl. übers. von Gustav Roßler, Berlin 2010, S. 109–149.

18 Einen guten Überblick über die ANT bieten die Aufsätze aus dem Sammelband von Andréa Belliger/David J. Krieger (Hrsg.), ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie, Bielefeld 2006. Zur unterschiedlichen Größe von Netzwerken siehe insbesondere John Law, Notizen zur Akteur-Netzwerk-Theorie. Ordnung, Strategie und Heterogenität, in: ebd., S. 429–446.

19 Vgl. Madleine Akrich, Die De-Skription technischer Objekte, in: Belliger/Krieger (Hrsg.), ANThology, S. 407–428; Bruno Latour, Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft, aus dem Engl. übers. von Gustav Roßler, Frankfurt am Main 2002, S. 211–222.

20 Soentgen, Konfliktstoffe, S. 21 f.

werden oder der Stoff kann überhaupt erst durch Umformung und Veränderung genutzt werden. Stoffen sind unterschiedliche Aggregatzustände zu eigen, die sich manipulieren lassen, die sich aber auch nicht-intendiert und eigendynamisch verändern.

Eine zentrale Einflussgröße, die in der Akteur-Netzwerk-Theorie allerdings nur schwach konturiert ist, ist die in einem breiten Sinn verstandene Umwelt. Die Wirkungen und Zusammenhänge zwischen Akteur und Umwelt sind zwar in verschiedenen Studien präsent, jedoch bleibt die Bestimmung der Einflüsse der ›Umwelt‹ nur wenig ausgefeilt. Deutlicher werden hier die theoretischen Forderungen des »New Materialism«, die der biophysischen und nicht menschlichen materiellen Welt eine erhebliche Wirkmächtigkeit bzw. »agency« für planetare Systeme sowie gesellschaftliche Wandlungsprozesse zusprechen.[21] Vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels, extremer Naturereignisse und immer weniger wirkmächtigen Positionen von Gesellschaften gegenüber sich nähernden Kipppunkten scheinen menschliche Subjekte an Bedeutung zu verlieren.[22] Aus Sicht der Vertreter:innen des New Materialism ist das Anthropozän längst zu Ende und wir befinden uns am Beginn der posthumanistischen Epoche. Was hier anklingt, lässt sich in den Auseinandersetzungen zur sogenannten ›Tiefenzeit‹ nachvollziehen.[23] Auch dort wird über den Stellenwert des Menschen reflektiert und das Konzept der »agency« vor dem Hintergrund der langen geologischen Zeiträume grundlegend hinterfragt. Beispielsweise wird hier konkret auf die zeitliche Divergenz verwiesen, die dadurch entsteht, dass der Mensch innerhalb weniger Jahre

---

21 Vgl. Katharina Hoppe/Thomas Lemke, Neue Materialismen zur Einführung, Hamburg 2021; Timothy J. LeCain, The Matter of History. How Things Create the Past, Cambridge, MA 2017; Diana H. Coole/Samantha Frost (Hrsg.), New Materialisms. Ontology, Agency, and Politics, Durham/London 2010.

22 Vgl. Ariane Tanner, Anthropozän, Version: 1.0, in: Docupedia-Zeitgeschichte, 3.5.2022, http://docupedia.de/zg/Tanner_anthropozaen_v1_de_2022 [11.6.2023], Abschnitt »Geschichte(n) im Anthropozän schreiben«.

23 Vgl. Franz Mauelshagen, »Anthropozän«. Plädoyer für eine Klimageschichte des 19. und 20. Jahrhunderts, in: Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 9:1, 2012, S. 131–137; Friedrich Balke/Bernhard Siegert/Joseph Vogl (Hrsg.), Mikrozeit und Tiefenzeit, Leiden 2019; Andrea Westermann/Sabine Höhler, Writing History in the Anthropocene. Scaling, Accountability, and Accumulation, in: Geschichte und Gesellschaft 46:4, 2020, S. 579–605.

jene Rohstoffe ausbeutet, die über Jahrmillionen entstanden sind und deren Eigenschaften die Spuren längst vergangenen Lebens in sich tragen.[24]

Die Stoffgeschichte kann in den verschiedenen Diskursen um die »agency« der nicht menschlichen Umwelt unterschiedliche Denkanstöße finden. Gleichwohl ist der geschichtswissenschaftliche Zugriff über Quellen und ihre Analyse anders gelagert und evoziert ganz eigene Fragestellungen. Methodisch besteht die Herausforderung der Stoffgeschichte vor allem darin, Stoffe in ihre Geschichte einzubetten und gleichzeitig zu historisieren, indem sie auf die Komplexität und die Verflechtung in räumlichen, zeitlichen und kulturellen Dimensionen abhebt. Das gilt wohl in besonderem Maße für die explizite ökonomische Nutzung und Verwendung von Stoffen. Denn diese Umwelt und dieser gleichzeitige Aktionsrahmen der Stoffnutzungen wirken nicht als allgemeine und unbestimmte, sondern als spezifische ökonomische Logik. Wie *Ronja Kieffer* und *Eva-Maria Roelevink* mit einer wirtschafts- bzw. institutionenökonomischen Perspektive zeigen, ist das Setting aus formellen und informellen Vertragsregeln, in das Stoffe – bzw. Wirtschaftsgüter – eingebunden sind, zentral. Am Beispiel von Steinkohle und Kali zeichnen die Autorinnen die ökonomische Codierung von bergbaulichen Rohstoffen als handelbare Wirtschaftsgüter nach. Die sekundären Institutionen genauso wie die notwendigerweise unvollständige Codierung von Wirkungen und Eigenschaften der Stoffe haben Konsequenzen auf die Wirtschaftsakteure, aber auch auf die Gesellschaft und die Umwelt.

Mit einem stärker wissenshistorischen Interesse geht *Helge Wendt* in seinem Aufsatz der Materialität von Steinkohle nach und zeigt, wie die Vielgestaltigkeit chemisch-physikalischer Varianzen unterschiedlicher Kohlensorten der Diversifizierung von Wissensbeständen und Nutzungsformen Vorschub geleistet hat. So waren Fettkohlen mit einem hohen Brennwert aus dem einen Kohlenrevier für die Koksproduktion und den Betrieb der Dampfmaschinen geeignet, Anthrazitkohlen aus dem anderen Revier fanden hingegen nur im Hausbrand Verwendung. Hinzu kamen zahlreiche – von der Forschung bislang selten gewürdigte – Abfallprodukte (z. B. Abgase, Schlacke, Feuerungsrückstände), Stoffgemische und Kohlederivate, für die Wendt sensibilisiert, und durch die der wichtigste Brennstoff der Industrialisierung auch als Rohstofflieferant in diverse Lebens-, Arbeits- und Wissensbereiche

24 Richard Irvine, An Anthropology of Deep Time. Geological Temporality and Social Life, Cambridge, MA 2020, S. 172–174.

diffundierte – etwa als Rohstoffgrundlage in der Produktion von Leuchtgas oder Hartkunststoffen wie Bakelit oder zur Gewinnung von Phosphat, Natrium und Ölen.

Die Bedeutung der ökonomischen sowie wissensgeschichtlichen Zugriffe zeigt, dass »Materialität« und »agency« in der Stoffgeschichte nicht isoliert von menschlichem Denken und Handeln untersucht werden können. Insofern wir die Stoffgeschichte als geschichtswissenschaftliches Forschungs- und Diskussionsfeld begreifen, ist dies nicht zuletzt auch eine wichtige Voraussetzung, um mit Quellen arbeiten zu können, die unweigerlich eine anthropozentrische Sicht repräsentieren. Nichtsdestotrotz regt die Auseinandersetzung mit den verschiedenen Strömungen der Materialitätsdebatte dazu an, über den Charakter einer Geschichtsschreibung nachzudenken, in der dynamische Stoffe einen zentralen Platz einnehmen.

Stoffgeschichtsschreibung als integrativer Impuls

Im ersten Studiensemester lernen Geschichtsstudent:innen, dass ›Geschichte‹ nicht gleich ›Vergangenheit‹ ist, dass es methodische Standards braucht, dass Annahmen – theoretische, aber auch implizite – offenzulegen sind und dass die Darstellung eine Konstruktionsleistung ist. Die Sattelzeit hat nicht nur unsere Stoffbegriffe aufgefächert und spezifiziert, sondern auch der Geschichtswissenschaft ihre moderne Prägung gegeben: ihren fortwährenden Wandel. Studierende lernen dann, dass die Zielpunkte der historischen Analyse divergieren, dass auf der Grundlage historischer Analysen ›verstanden‹, ›erklärt‹ und ›dekonstruiert‹ werden kann.[25] In aller Regel werden die Studierenden dann bereits im Studium von einer Spezialisierung erfasst, die eine Folge des fortwährenden Wandels des Fachs als Wissenschaft ist. Allerdings existiert ein von allen verfolgtes ›Paradigma‹ im klassischen Sinne Thomas S. Kuhns nicht,[26] dafür liegen aber hoch spezialisierte Fachkulturen vor, die nicht nur die Studienanfänger:innen in ihren Methoden- und Grundlagenübungen überfordern. Was genau dabei einzelne Spezialdisziplinen zu Leit- und andere zu Bindestrichfächern macht, ist umstritten und wird

25 Stefan Jordan, Theorien und Methoden der Geschichtswissenschaft, 3., aktual. Aufl., Paderborn u. a. 2016 (2009).

26 Thomas S. Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt am Main 1962.

zudem höchst unterschiedlich beantwortet, beurteilt und vertreten. Keineswegs soll hier mit der Stoffgeschichte einem neuem Über- und Leitthema oder gar einem weiteren Paradigma das Wort geredet werden. Es ist eine der wunderbaren Errungenschaften der modernen geschichtswissenschaftlichen Arbeitskultur, dass Vielfalt und Variantenreichtum nicht nur erlaubt, sondern strukturell gewissermaßen gefordert sind. Denn schließlich war die Kehrseite des Historismus nicht zuletzt, dass es diese Akzeptanz der Vielfalt nicht gab, auch später – in der zweiten Erneuerung der Geschichtswissenschaft nach 1945 noch nicht. Das hat für die bekannten großen Kontroversen und Debatten gesorgt, bedeutete aber auch immer, dass die Geschichtswissenschaft hochgradig machtdurchwirkt war. Dies scheint in der Auflösung, ganz eindeutig kennzeichnet die heutige Geschichtswissenschaft Variantenreichtum und theoretisch-methodische Vielfalt.

Und doch gibt es Unterschiede, die sich bereits an den Denominationen der Professuren zeigen. Besonders kleinere und an nur wenigen Universitäten gelehrte Spezialdisziplinen führen zunehmend Debatten im fachinternen kleinen ›Container‹. Für die in diesem Band vertretenen Disziplinen, die Umwelt-, Technik-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte, und auch für die Wissens- und Medizingeschichte lässt sich diese »institutionelle Inselbildung« feststellen.[27] In den großen und weiterhin epochal gegliederten Einheiten scheinen ihre Erkenntnisse dagegen kaum eine Rolle zu spielen.[28] Eine weitergehende Spezialisierung ist die Folge, die aber auch zur Abschottung und zu einem Verlust von Dialog- und Diskussionsfähigkeit geführt hat. Denn die Reaktionen auf die Peripherisierung sind erheblich auseinandergegangen. Einige haben den cultural turn mitgetan, andere auf den material turn oder den spatial turn gesetzt. Im Ergebnis hat es sich zunehmend etabliert, sich mit der eigenen Forschungsagenda gewissermaßen im eigenen Container aufzuhalten – mit Folgen für die Dialogfähigkeit, sogar innerhalb der Geschichtswissenschaft. Übergreifende oder tatsächlich interdisziplinäre Zusammenarbeiten – unter

27 Matthias Heymann, Konsolidierung, Aufbruch oder Niedergang? Ein Review-Essay zum Stand der Technikgeschichte, in: NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 21:4, 2013, S. 403–427, hier S. 404.

28 Siehe dazu bereits Thomas Mergel, Geht es weiterhin voran? Die Modernisierungstheorie auf dem Weg zu einer Theorie der Moderne, in: ders./Thomas Welskopp (Hrsg.), Geschichte zwischen Kultur und Gesellschaft. Beiträge zur Theoriedebatte, München 1997, S. 203–232.

theoriemultiplen Bedingungen – sind in der deutschsprachigen Fächerkultur der Geschichtswissenschaften damit rar und selten geworden.

Der Anspruch der Stoffgeschichte ist es, fachübergreifend zu arbeiten, und die theoretische Vielfalt als integrativen Impuls aufzunehmen. Mit dem Stoff nimmt sie einen transversalen Problemzusammenhang in den Fokus, der prädestiniert ist, spezialisierte Erkenntnis- und Forschungsinteressen einzelner Fachkulturen unter einer neuen Perspektivierung zusammenzuführen, die quer zu den etablierten Untersuchungsfeldern und Narrativen des jeweiligen Faches liegen. Die Stoffgeschichte stellt sich damit gegen den Trend der Segregation der historischen Sub- und Unterdisziplinen und bezweckt die Herstellung eines gemeinsamen Erkenntnisinteresses, ohne exklusiv wirken zu wollen. Ganz im Gegenteil soll sie inkludieren, vernetzen und auf diese Weise die eigentliche Spannung zwischen materiellem Stoff und menschlicher Existenz darstellbar machen. Der theoretisch begründete Perspektivenreichtum der Stoffgeschichte ist aus unserer Sicht das Pfund, das es weiter auszuloten gilt. Es geht demnach nicht um die Begründung einer ›neuen Schule‹, sondern um eine Möglichkeit der Verschränkung etablierter und – im Idealfall – sich gegenseitig befruchtender Perspektiven. Als in der Zukunft noch weiter aufzuspannendes Forschungsprogramm kann die Stoffgeschichte daher auch als eine Technik verstanden werden, die Fragestellung zu verschieben und dabei andere als die der eigenen Spezialdisziplin bekannten Annahmen zu reflektieren, andere Quellen zu berücksichtigen oder bekanntes Material gegen den Strich zu lesen, und systematisch nach dem gemeinsamen Nenner der stofflichen Grundlage unserer uns umgebenden Umwelt zu fragen.

Fazit und Ausblick

Die skizzierten Überlegungen zu Stoffen als dynamischer Kategorie, zum Verständnis von Materialität sowie als integrativer Impuls markieren den Konsens, wie sich Stoffgeschichte als Forschungs- und Diskussionsfeld aus unserer Sicht fassen lässt. Viele der angesprochenen Aspekte können wir hier nur grob umreißen und sie bleiben notwendigerweise noch einigermaßen allgemein. Zum einen weil die Stoffgeschichte, sowohl was ihre empirischen Gegenstände als auch die Erkenntnisinteressen und theoretischen Ansätze angeht, in ihrer Heterogenität schwer zu überblicken und noch schwerer auf einen Nenner zu bringen ist. Zum anderen weil wir die Diversität der Perspekti-

ven nicht einebnen, sondern bewusst einen Diskussionsrahmen schaffen wollen, der offen und anschlussfähig ist. Gleichwohl scheinen uns die drei Kennzeichen der Stoffgeschichte als eine erste inhaltliche, theoretische und disziplinäre Positionierung, an die in zukünftigen Debatten anzuknüpfen ist.

Insofern hat dieser Band auch nicht den Anspruch, einen umfassenden Überblick über ein Forschungsfeld zu geben, dessen methodisch-theoretische Fundierung bewusst nicht konturiert ist. Vielmehr präsentieren die Aufsätze in ihrer Zusammenstellung Beispiele dafür, wie sich Stoffdynamiken, Fragen der Materialität und transversale Geschichten aus verschiedenen Perspektiven heraus erforschen und darstellen lassen. Wichtiger als die Repräsentativität der Beispiele waren für uns die quer liegenden Bezüge und möglichen Vergleichsaspekte, die empirisch untermauern, worin das Potenzial der Stoffgeschichte liegt. Die Konsequenz ist, dass ganze Stofftypen in diesem Band nicht vorkommen – ja, dass das Problem der Typologisierung überhaupt ausgespart ist. Auch liegt ein Schwerpunkt auf der Neuzeit, insbesondere der Periode vom 18. bis ins 20. Jahrhundert, obwohl die skizzierten Kennzeichen der Stoffgeschichte sicherlich auch auf die Vormoderne zu beziehen sind. Um diese Lücken zu schließen, wäre einerseits eine systematische Bestandsaufnahme der bisherigen Forschung erforderlich, die deutlich über die Möglichkeiten und Aufgaben des DFG-Netzwerks »Stoffgeschichte« hinausgeht. Andererseits wären weitere empirische Studien erforderlich, die über verschiedene Stofftypen oder Epochen hinweg komplexere und langfristige Entwicklungslinien aufzeigen.

Zu den großen Entwicklungslinien, zu deren Erforschung die Stoffgeschichte einen innovativen Beitrag leisten kann, gehören insbesondere ökologische, ökonomische und epistemologische Transformationen. Ob mit dem menschengemachten Klimawandel, dem Ressourcenverbrauch seit der Industrialisierung oder der Entstehung der modernen Natur- und Lebenswissenschaften, Stoffe spielten in diesen Prozessen eine zentrale und ausgesprochen dynamische Rolle. Die Stoffgeschichte kann hier zu neuen Einsichten führen und damit auch zu den Debatten über die aktuellen Herausforderungen unserer Zeit beitragen. Das kann aber nur gelingen, wenn die Geschichte einzelner Stoffe, verschiedene theoretische Ansätze und disziplinäre Erkenntnisinteressen systematisch miteinander verknüpft werden. Der Sammelband versteht sich als Einladung zu einem interdisziplinären Dialog. Die dabei angewandten theoretischen Zugriffe sollen zur weitergehenden Diskussion anregen und als Grundlage für einen Austausch über die engen fachlichen Horizonte historischer Teildisziplinen hinaus dienen, der trotz vielzähliger

und vielseitiger Lippenbekenntnisse tatsächlich immer weniger stattfindet. Vielmehr hat die Etablierung immer neuer Bindestrichfächer zu einer starken Segmentierung der geschichtswissenschaftlichen Forschung geführt – und eben auch den interdisziplinären Austausch über transversale Perspektiven zunehmend erschwert. Von der interdisziplinären Diskussion, die das aktive Verlassen des eigenen theoretischen und empirischen Gartens bedeutet, hat das Netzwerk und haben wir als Herausgeber:innen in besonderem Maße profitiert. Interdisziplinarität benötigt den Austausch, die Zeit und die Muße, sich mit anders gelagerten Fragen, Ansätzen und Quellen als den eigenen zu befassen. Damit haben wir begonnen. Der Band versteht sich als ein erster Aufschlag einer Zusammenarbeit, der Umwelt-, Technik-, Wirtschafts-, Sozial-, Medizin- und Wissenschaftshistoriker:innen über das Diskussionsfeld der Stoffgeschichte miteinander ins Gespräch gebracht hat. Als abgeschlossen betrachten wir unsere Forschungsreise durch die Stoffgeschichte aber noch lange nicht.

Labore und Wälder

Indigenes Wissen über Kautschuk und was man davon in europäischen Kautschukhistorien erfährt[1]

Jens Soentgen

In der Chemiegeschichte sind stoffgeschichtliche Forschungsansätze spätestens seit 1842 etabliert. Damals hatte der französische Chemiehistoriker Ferdinand Hoefer den ersten Band seiner *Histoire de la Chimie* publiziert; in sie schloss er mehr als 60 stoffgeschichtliche Skizzen ein.[2] Nur wenig später veröffentlichte der deutsche Chemiker und Chemiehistoriker Hermann Kopp die zentralen Bände drei und vier seiner weiterhin bedeutsamen Geschichte der Chemie.[3] Und auch der wohl bekannteste Chemiehistoriker des 20. Jahrhunderts, James Riddick Partington, hatte zwar in seiner vierbändigen *History*

1 Der Aufsatz beruht auf einer Studie, die bereits 2013 veröffentlicht wurde; das Anwendungsbeispiel, die Geschichte des Kautschuks, ist jedoch ausgebaut und grundlegend überarbeitet worden. Siehe Jens Soentgen, Die Bedeutung indigenen Wissens für die Geschichte des Kautschuks, in: Technikgeschichte 80:4, 2013, S. 295–324. Für kritische Hinweise danke ich den Mitgliedern des Netzwerks Stoffgeschichte, insbes. Stefanie Gänger, Sebastian Haumann, Eva-Maria Roelevink, Nora Thorade, Helge Wendt und Christian Zumbrägel.

2 Ferdinand Hoefer, Histoire de la Chimie, 2. Aufl., 1. Bd., Paris 1869 (1842), S. 101–223. Hoefers Beiträge können wohl als die ersten modernen stoffgeschichtlichen Beiträge eingeordnet werden, denn Hoefer integrierte auch die Deutungsgeschichte: »Es gibt Gelehrte, die, wie ich sehr wohl weiß, die Geschichte einer Naturwissenschaft anders verstehen als ich. So wollen sie, dass man ohne Berufung die Wissenschaft einer anderen Zeit nach dem Maßstab derjenigen von heute beurteilt, als sei es möglich, die Perspektive der Zeit zu unterdrücken«. Ebd., S. IX (Übers. Jens Soentgen).

3 Hermann Kopp, Geschichte der Chemie, Bd. 3 u. 4, Braunschweig 1845 u. 1847.

of Chemistry einen biografischen Ansatz gewählt, aber auch er argumentierte stoffgeschichtlich.[4]

Das bislang umfangreichste stoffgeschichtliche Forschungsprojekt im Bereich der Chemie wurde zwischen 1922 und 1997 im Rahmen der Abfassung von *Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie* durchgeführt. In den einzelnen Bänden des Handbuchs finden sich historische Darstellungen für alle Elemente und für einige wichtige chemische Verbindungen. Manchmal handelt es sich bei diesen Studien, die oft von Chemiehistorikern verfasst wurden, die beim Gmelin-Institut in Frankfurt am Main beschäftigt waren, lediglich um kurze chronologische Notizen, wie etwa im Falle des Natriums;[5] zu anderen Stoffen finden sich ausführliche, quellenfundierte und daher auch heute noch lesenswerte Untersuchungen.[6] Der Wissenschaftshistoriker Jost Weyer arbeitete in den 1970er Jahren die Besonderheiten des stoffgeschichtlichen Ansatzes vergleichend heraus. Er identifizierte einen »stoff- und verfahrensgeschichtlichen Aspekt«, der eine Besonderheit der Chemiegeschichtsschreibung sei, die sie von den übrigen naturwissenschaftshistorischen Disziplinen unterscheide, »da sich die Chemie mit dem Aufbau und der Umwandlung der Stoffe beschäftigt«.[7] Weyer hatte die Stoffgeschichte als besonderen methodischen Ansatz erstmals vergleichend thematisiert; auch findet sich bei Weyer an derselben Stelle der erste mir bekannte Gebrauch des Wortes (als Adjektiv). Weyer stellte die Stoffgeschichte neben biografische, bibliografisch-literarische und begriffs- und theoriegeschichtliche Ansätze. Es sind besonders die theoriegeschichtlichen Ansätze, die in der Außensicht das Bild der Chemiegeschichte dominieren. Sie werden seit den Arbeiten Thomas Kuhns intensiv gepflegt.[8] Der stoffhistorische Ansatz wurde aber zu keiner Zeit vernachlässigt.

---

4 Jost Weyer, Chemiegeschichtsschreibung von Wiegleb bis Partington. Eine Untersuchung über ihre Methoden, Prinzipien und Ziele, Hildesheim 1974, S. 192–200; James Riddick Partington, A History of Greek Fire and Gunpowder, Cambridge 1960.

5 Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, hrsg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 8., völlig neu bearb. Aufl., System-Nr. 21: Natrium, Bd. 2, Berlin 1928, S. 1–3.

6 Siehe etwa zum Sauerstoff Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, hrsg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 8., völlig neu bearb. Aufl., System-Nr. 3: Sauerstoff, Bd. 1, Berlin 1943.

7 Weyer, Chemiegeschichtsschreibung, S. 6.

8 Thomas S. Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, 2., revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Aufl., Frankfurt am Main 1976, S. 66–69; siehe weiter Elisabeth Ströker, Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18.

Bei den in den genannten Werken vorkommenden Stoffgeschichten handelt es sich meist um Laborgeschichten. Sie informieren über die Herstellung im Labor und die Interpretationen, die bestimmte Substanzen im Laufe der Geschichte erfahren und die sich oft in ihren Bezeichnungen niedergeschlagen haben. Aspekte, die über das Labor hinausreichen, finden nur insoweit Beachtung, als sie das Vorkommen oder wirtschaftliche und technische Aspekte betreffen. Auch in vielen neueren stoffgeschichtlichen Studien steht die theoretische Deutung – und damit wiederum der Laboraspekt – im Mittelpunkt.[9]

Wissensgeschichte und Wissenschaftsgeschichte

Es geht aber auch anders.[10] Die Wege der Stoffe auch jenseits der Labore und außerhalb des Werksgeländes in den Blick zu nehmen und dies wieder mit dem Laborkontext in Beziehung zu setzen, ist weiterführend. Dabei geht es keineswegs nur darum, dass nunmehr, entsprechend der aktuellen politischen Priorisierung, auch ökologische Aspekte integriert werden. Vielmehr ermöglicht die Erweiterung der laborgeschichtlichen Perspektive auch eine Erweiterung und Vertiefung des ursprünglichen Ansatzes.

So gelangen nunmehr zwar oft ökologische und politische Kontexte und Nebenfolgen in den Blick – und damit das weite Feld wissenschaftlichen Halb- und Nichtwissens.[11] An der Thematik der ungewollten Folgen des an sich höchst reflektierten wissenschaftlichen Handelns wird aber auch deutlich, dass die moderne Stoff-Wissenschaft mit ihrem methodisch gewonnenen, empirisch und experimentell gesicherten Wissen trotz allen Bemühens nicht

---

Jahrhundert, Frankfurt am Main 1982; Martin Carrier, Atome und Kräfte. Die Entwicklung des Atomismus und der Affinitätstheorie im 18. Jahrhundert und die Methodologie Imre Lakatos', Diss. phil. Münster 1984; Hasok Chang, Is Water H_2O? Evidence, Realism and Pluralism, Dordrecht u. a. 2012.

9 Siehe etwa Brigitte Hoppe, Aus der Frühzeit der chemischen Konstitutionsforschung. Die Tropanalkaloide Atropin und Cocain in Wissenschaft und Wirtschaft, München 1979, oder Bernard Marty/Henri Monin, Le premier âge de l'ADN. Histoire d'une molécule de l'hérétidé, Paris 2003.

10 Markus Huppenbauer/Armin Reller, Stoff, Zeit und Energie. Ein transdisziplinärer Beitrag zu ökologischen Fragen, in: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 5:2, 1996, S. 103–115.

11 Siehe ausf. Peter Wehling/Stefan Böschen (Hrsg.), Nichtwissenskulturen und Nichtwissensdiskurse. Über den Umgang mit Nichtwissen in Wissenschaft und Öffentlichkeit, Baden-Baden 2015.

nur gelegentlich, sondern immer wieder wichtige Zusammenhänge und Effekte ignoriert, vielleicht sogar verschweigt, häufiger aber ungewollt übersieht, weil sie bestimmte Phänomene und Effekte ›nicht einmal ahnte‹ oder ›einfach nicht auf dem Schirm hatte‹. Das DDT, das Thalidomid (der Wirkstoff des Schlafmittels Contergan), die Stoffgruppe der FCKW sind Beispiele, anhand derer ungewollte und oft auch ungeahnte Neben- und Nachwirkungen wissenschaftsbasierter Innovationen sowie das gewollte und ungewollte wissenschaftliche Nichtwissen aufgearbeitet wurden. Hier liegt auch weiterhin ein wichtiges Feld der stoffhistorischen Forschung, die ihren Beobachtungsraum nicht nur auf das Labor, den Hörsaal und die Fachzeitschriften beschränkt, sondern die Substanzen auch jenseits der Labortüren und Werkstore auf ihren Wegen durch Ökosysteme, Nahrungsketten, populäre Medien, Sitzungssäle usw. verfolgt.

Die Erweiterung des Untersuchungsfeldes, die für die neuere stoffhistorische Forschung charakteristisch ist, führt nicht nur zum Nichtwissen der Wissenschaft, sondern auch in den wichtigen Bereich des nichtwissenschaftlichen Wissens. Dieses ist schon im Labor wichtig, wo auch unabhängig von Theorien, Hypothesen und Modellen mit Stoffen hantiert wird. Nichtwissenschaftliches Wissen kann die Geschichte bestimmter Stoffe überhaupt erst ins Rollen bringen. Am Beispiel des Kautschuks soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Erweiterung des Beobachtungsfeldes Akteure und Wissensformen in den Blick bringt, die erst in jüngster Zeit stärker beachtet werden. So kann die stoffgeschichtliche Forschung zur Wissensgeschichte erweitert werden, indem sie die ältere ausschließliche Orientierung am wissenschaftlichen Wissen über diesen oder jenen Stoff überwindet.[12] Doch zunächst wird präzisiert, was unter dem Begriff »Stoff« zu verstehen ist.

---

12 Jakob Vogel, Von der Wissenschafts- zur Wissensgeschichte. Für eine Historisierung der »Wissensgesellschaft«, in: Geschichte und Gesellschaft 30:4, 2004, S. 639–660; Lothar Schilling/Jakob Vogel (Hrsg.), Transnational Cultures of Expertise. Circulating State-Related Knowledge in the 18th and 19th Centuries, Berlin/Boston 2019; Philipp Sarasin, Was ist Wissensgeschichte?, in: Internationales Archiv für Sozialgeschichte der Deutschen Literatur 36:1, 2011, S. 159–172; Sandra Bärnreuther/Maria Böhmer/Sophie Witt (Hrsg.), Feierabend? (Rück-)Blicke auf »Wissen«, Zürich 2020; David Pretel/Lino Camprubí, Technological Encounters. Locating Experts in the History of Globalisation, in: dies. (Hrsg.), Technology and Globalisation. Networks of Experts in World History, Cham 2018, S. 1–26.

Was sind Stoffe?

Das im Folgenden vorgeschlagene Konzept beruht auf einem phänomenologischen Stoffbegriff, der, aufbauend auf älteren phänomenologischen Studien, in den 1990er Jahren entwickelt wurde. Zwar kann durch eine phänomenologische Methodik kein kulturunabhängiges »Wesen der Dinge« erreicht werden. Der Wert phänomenologisch entwickelter Resultate liegt vielmehr darin, dass sie unabhängig von spezialisierten Erfahrungskontexten bzw. theoretisch weniger voraussetzungsvoll sind als das moderne naturwissenschaftliche Wissen.

Unter Stoffen werden also sowohl naturwissenschaftliche Objekte wie auch Alltagsobjekte verstanden, mit denen Menschen umgehen.[13] Denn die Unterscheidung von Stoffen und Dingen ist ebenso wie die Unterscheidung bestimmter Stoffarten schon im Alltag unentbehrlich, sie ist keineswegs erst ein spätes Produkt wissenschaftlicher Abstraktion. Hunger und Durst sind wohl der ursprüngliche Anlass, Stoffe zu unterscheiden, da der Geschmackssinn ein spezifisch auf Stoffe geeichter Sinn ist.

Sich auf Stoffe zu verstehen, ist für alle Menschen, ebenso wie für Tiere, eine vitale Notwendigkeit. Unabhängig von ihrer Sprache und ihrem kulturellen Hintergrund sind alle Menschen darauf angewiesen, sauberes und nicht versalzenes Wasser zu trinken. Weitere Beispiele für Stoffe, die wohl überall im Wesentlichen auf dieselbe Weise unterschieden werden, sind Salz, Mehl und Honig. Hinzu kommen Stoffe, die für die Fertigung bestimmter Dinge genutzt werden, wie Ton, Holz oder Sand. Auch Stoffe, die in bestimmter Weise körperlich wirken, etwa alkoholische Getränke, sind in nahezu allen Kulturen bekannt.

Bekanntlich zeichnet sich die moderne Lebenswelt dadurch aus, dass sie eine zuvor unbekannte Vielzahl von Substanzen, die sich nicht in der Natur finden, und die auch in früheren Zeiten unbekannt waren, in Umlauf gebracht hat, wie Aluminium, Nylon, Perlon, PET, PVC, um nur einige zu nennen. Wann zuerst das Bedürfnis aufkam, für diese vielen Einzelstoffe einen übergreifenden Begriff zu bilden, lässt sich nicht genau feststellen. Jedenfalls entstammt das Wort Stoff sehr wahrscheinlich, im Unterschied zu dem Begriff Materie, nicht dem wissenschaftlichen Diskurs. Der Begriff Materie ist ein abstraktes

---

13 Jens Soentgen, Das Unscheinbare. Phänomenologische Beschreibungen von Stoffen, Dingen und fraktalen Gebilden, Berlin 1997; ders., Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 18–23.

Konzept, das, als Übersetzung des griechischen Wortes *hyle*, zwar im Lateinischen eine konkrete Bedeutung hat (Holz), aber seine spezifische Bedeutung als Gegenteil zu Form erst im Rahmen einer philosophischen Auseinandersetzung erhielt. Der Begriff »Stoff« hingegen ist keine Entlehnung. Es dürfte auf das Verb »stopfen« zurückgehen, das so viel bedeutet wie eine Lücke oder einen Hohlraum füllen (mit relativ beliebigem Material).[14]

Bei der Klärung, was Stoff überhaupt ist, ist es sinnvoll, mit Kontrasten zu arbeiten. Es bietet sich dabei an, Stoffe (wie Zucker oder Schokolade) von Dingen (wie Stühlen oder Büchern) zu unterscheiden, was bereits im Alltag häufig geschieht. Denn wer z. B. wissen will, ob ein bestimmtes, mit durchsichtigen Kristallen bestreutes Gebäck süß oder salzig ist, kann sich die Kristalle ansehen; noch rascher ist eine Geschmacksprobe. Geht man solchen Alltagspraktiken nach, dann kann man die folgenden Unterschiede auflisten: Stoffe unterscheiden sich von Dingen zunächst und vor allem darin, dass sie sich portionieren und in beliebige Richtungen teilen lassen, ohne ihre Identität zu verlieren. Teilt man zum Beispiel ein Stück Schokolade in zwei Portionen, ist das Resultat immer noch Schokolade. Zerreißt man hingegen ein Ding, etwa ein Buch, in der Mitte, erhält man nicht zwei Bücher, sondern ein zerrissenes Buch bzw. ›Papier‹. Mit dieser Eigenschaft hängt zusammen, dass Stoffe nie in einer bestimmten Portion, die von ihnen vorliegt, aufgehen. Man spricht von ihnen meist in Verbindung mit einem Mengenbegriff: ›etwas Salz‹ oder auch ›eine Prise Salz‹, während man bei Dingen immer erwartet, dass sie sozusagen vollständig sind: ›die Gabel‹ oder ›das Messer‹; oder auch: ›ein Messer‹, ›eine Gabel‹. Bei Stoffen haben wir es immer nur mit einer Portion, einer Probe zu tun, aber nicht mit einem bestimmten Exemplar.

Dieses Merkmal der Portionierbarkeit macht aber nur die eine, die bekanntere Hälfte des Stoffbegriffs aus. Der gewöhnlichen Alltagserfahrung[15] kann nämlich auch entnommen werden, dass Stoffe immer Eigenaktivität entfalten. Sie verteilen sich von selbst in der Welt, mischen sich unter die Welt und verwandeln sich. Hantiert man mit Mehl, dann verteilt es sich über die Arbeitsfläche und kehrt nicht freiwillig wieder in sein Behältnis zurück. Zugleich setzt eine Transformation ein: Es wird feucht, kann mit der Zeit ranzig werden usw. Eisen rostet, und selbst Gold, das doch seit alters her ein Sinnbild für Unwandelbarkeit ist, verändert sich mit der Zeit, zumindest an der Oberfläche.

---

14 Siehe die Einträge zu Stoff bzw. stopfen in: Wolfang Pfeifer (Hrsg.), Etymologisches Wörterbuch des Deutschen, 2. Aufl., Bd. 2, Berlin 1993 (1989), S. 1367–1369.

15 Ausf. Matthias Jung, Gewöhnliche Erfahrung, Tübingen 2014.

Stoffe haben also nicht nur Eignungen, durch die sie in menschliche Handlungspläne restlos eingefügt werden können, sondern sie haben auch Neigungen, sie bilden sich in bestimmter Weise um. In ihnen steckt eine autonome Aktivität, die sich zwar für eine Weile stillstellen, aber nie restlos ausschalten oder kontrollieren und auch nicht im Vornherein schon vollständig überblicken lässt.

Die Neigungen der Stoffe führen zu ihrem eigensinnigen Verhalten, dieses manifestiert sich in Raum und Zeit, es zeigt sich in autonomen Ausbreitungs- und Wanderungsbewegungen, zugleich aber auch in Umwandlungstendenzen: Unter bestimmten Bedingungen werden aus Stoffen andere Stoffe, sie kristallisieren, sie kondensieren, sie verdunsten, sie verbinden sich mit anderen Stoffen usw. Da sich im Labor immer nur selektiv das Verhalten von bestimmten Stoffen in bestimmten stofflichen Umgebungen studieren lässt, können Stofftransformationen und damit auch die ökologischen oder physiologischen Wirkungen immer nur in einem recht begrenzten Umfang beobachtet werden. Auch der Computersimulation sind Grenzen gesetzt, sie ist ebenfalls vor allem dann brauchbar, wenn die Prozesse und die Rahmenbedingungen gut bekannt sind, wie etwa bei der Simulierung von Prozessen innerhalb von Anlagen. Was aber bei einem größeren Unfall, wenn die Substanzen ins Freie gelangen, passiert, ist oft viel weniger klar. Und das bedeutet, dass sich die Aktivitäten der Substanzen immer nur sehr partiell vorhersehen lassen. Die phänomenologische Analyse von Stoffen kann noch fortgesetzt werden; für die Betrachtung des Stoffes Kautschuk sind aber diese beiden Punkte, die Portionierbarkeit und die Neigungen zentral.

Die Eigenaktivität der Stoffe bedeutet, dass nicht nur Menschen etwas mit Stoffen, sondern auch umgekehrt Stoffe etwas mit Menschen machen.[16] Sobald sie das Labor verlassen, sind die Stoffe nicht mehr separiert, sondern beginnen sich zu mischen. Man kann sie zwar isolieren, aber der sauber präparierte Stoff im Glas ist nur ein aufwendig hergestelltes Kunstprodukt.[17] Wo immer uns reine Stoffe gezeigt oder verkauft werden, seien dies Eisen, Gold,

---

16 Um eine mündlich verwendete Formulierung des Chemikers Armin Reller aufzugreifen, dem die stoffgeschichtliche Forschung wesentliche Impulse verdankt. Vgl. auch die Publikation Huppenbauer/Reller, Stoff, Zeit und Energie.

17 Frantisek Wald, Die Genesis der stöchiometrischen Grundgesetze II, in: Zeitschrift für physikalische Chemie 19:4, 1896, S. 607–624, hier S. 616 f.; Klaus Ruthenberg, Chemiephilosophie, Berlin/Boston 2022.

Kupfer, Platin, PVC, Salz oder Silber, ›reine Baumwolle‹ genauso wie ›reine Seide‹ oder medizinische Präparate, so können wir sicher sein, dass neben jeden Krümel, Fussel oder Tropfen eines solchen reinen Stoffes ein Eimer Abluft, Abwasser, Abfall und Abraum gestellt werden könnte, der bei der Produktion anfiel.[18] Reine und isolierte Stoffe kommen kaum in der Natur kaum vor, denn alle Stoffe haben die Neigung, sich miteinander zu verbinden, zu vermischen und zu verteilen.

Stoffe und Dinge können also begrifflich klar getrennt werden. Diese Trennung ist, zumindest in den europäischen Sprachen, auch grammatisch ausgeprägt, insofern wir bei Stoffen die individuellen Vorkommen sprachlich anders zählen als bei Dingen. Und doch ist diese Unterscheidung zum Teil abhängig von der Größe – Schaum in einer Badewanne zum Beispiel lässt sich portionieren, ist also ein Stoff; beim Portionieren aber landet man dann irgendwann bei einzelnen Seifenbläschen, die sich nicht mehr teilen lassen; und ähnlich ist es bei vielen anderen Alltagsstoffen. Auch sonst bleiben Stoffe und Dinge eng miteinander verbunden. Dinge können z. B. aus Stoffen gemacht werden, fast jedes Ding, das sich zeigen lässt, ist eine Probe eines Stoffes oder mehrerer, verbundener Stoffe, und wo das nicht der Fall ist, beim Regenbogen oder bei einem Hologramm z. B., handelt es sich um immaterielle Phänomene.

Dinge aufmerksam zu betrachten, ist zumeist ein guter Ausgangspunkt, etwas über Stoffe zu lernen. So prägte Martin Heidegger den Begriff der »Zuhandenheit«,[19] der unseren alltäglichen Umgang mit den Dingen beschreibt und ein intuitives Bescheidwissen über deren Brauchbarkeit anzeigt. Wir wissen alltäglich, wofür sich dieses oder jenes Ding eignet. Diese Eignung ist eine doppelte, sie verweist zum einen auf den Zweck, zum anderen auf den Stoff. Indem man Dinge und ihren Gebrauch beobachtet, lernt man oft auch etwas über die Stoffe, aus denen diese Dinge gemacht sind. Im Falle des Gummis kann z. B. jemand, der dieses Material nicht kennt, aus seiner Verwendung für Bälle und Kinderspielzeuge ersehen, wofür es sich eignet. So lässt sich, wenn man sieht, wie ein Kind z. B. mit einem Gummialligator spielt, schließen, oder doch zumindest vermuten, dass der Stoff ungiftig ist, dass er elastisch und nicht scharfkantig, aber auch haltbar ist, um der Behandlung durch das Kind zu widerstehen, dass er auf dem Wasser schwimmt, dass er sich beliebig formen lässt usw. Man muss also nicht unbedingt schriftliche Überliefe-

18 Oliver Schlaudt, Müll-Philosophie. Des Teufels Staub und der Engel Anteil, in: Merkur 75:870, 2021, S. 5–16.

19 Martin Heidegger, Sein und Zeit. Erste Hälfte, Halle (Saale) 1927, S. 69.

rungen konsultieren, man muss nicht einmal stoffkundige Menschen dazu bewegen, ihr Wissen preiszugeben. Denn schon die Beobachtung des Gebrauchs von Dingen bietet einige wesentliche Informationen. Diese werden dann zum Ausgangspunkt weiterer Nachforschungen, bis schließlich genug Informationen und Wissen beisammen ist, um selbst an die Gewinnung, Fertigung und Nutzung des betreffenden Stoffes heranzutreten. Für den Transfer von stoffbezogenem Wissen ist dies durchaus relevant.[20]

Was sind Stoffgeschichten?

Für den eigentlich analytischen Aspekt der stoffgeschichtlichen Forschung ist neben dem Begriff der Eigenaktivität der Begriff der Handlung zentral. Gemeint sind Handlungen wie Deutung, Herstellung, Interpretation, Konsum, Prospektion, Nutzung oder Regulierung, Tausch oder Verkauf, Verbrennung und Verklappung. Es können die Handlungen eines Einzelnen sein, aber auch kollektive Handlungen, Handlungen also, an denen der Einzelne teilnimmt oder die er mit anderen gemeinsam durchführt.[21] Die eingehende Analyse von Handlungen (und Unterlassungen) individueller oder kollektiver Akteure, die bei der Herstellung, beim Handel, bei der Nutzung und beim Entsorgen von Stoffen beteiligt sind, zeigt, dass die ›Stoffströme‹ in vielen Darstellungen geradezu naturalisiert werden.[22]

Handlungen sind es, die in Stoffgeschichten im Mittelpunkt stehen: Handlungen in ganz konkreten sozialen und kulturellen Kontexten, in spezifischen historischen Situationen; Handlungen von individuellen und/oder kollektiven Akteuren, die auf Grundlage benennbarer Motive und Situationsinterpretatio-

20 Siehe für ein Beispiel aus der europäischen Chemiegeschichte Peter Roth, Gottfried Wilhelm Leibniz über die Entdeckung des Phosphors, in: Stefan Emeis/Kerstin Schlögl-Flierl, Phosphor – Fluch und Segen eines Elements, München 2021, S. 41–54, sowie Jens Soentgen, Die Bedeutung alchemistischer Methoden und Ideen für die Entdeckung des Phosophors, in: Emeis/Schlögl-Flierl, Phosphor, S. 22–40.

21 Ausf. Peter Janich, Logisch-pragmatische Propädeutik, Weilerswist 2001, S. 44 f.

22 Vgl. hierzu kritisch Kijan Espahangizi, Stofftrajektorien. Die kriegswirtschaftliche Mobilmachung des Rohstoffs Bor, 1914–1919 (oder: was das Reagenzglas mit Sultan Tschair verbindet), in: ders./Barbara Orland (Hrsg.), Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, Zürich/Berlin 2014, S. 173–208, hier 204.

nen tätig werden.[23] Die Stoffe selbst sind dabei keineswegs neutrale Massen, als die sie in den neueren, nach wie vor sehr einflussreichen kulturwissenschaftlichen Studien etwa von Arjun Appadurai auftauchen.[24] Vielmehr wirken sie zurück, werden selbst zu Mitspielern. Die Eigenaktivität der Stoffe kann etwas sein, mit dem von vornherein gerechnet wird, sie kann aber auch den Handelnden oder Unbeteiligten widerfahren.[25] Die Phänomene, mit denen sich Stoffgeschichten beschäftigen, sind nicht einfache ›Ströme‹, sondern großflächige, historisch gewachsene Kooperationszusammenhänge, Netzwerke von Handelnden, Unbeteiligten, von Ökosystemen und Stoffen. Ihre Beschreibung wird dadurch erschwert, dass jede zielgerichtete Handlung Nebenwirkungen hat, die teilweise erwünscht oder toleriert, jedenfalls aber vorhergesehen sind; die sich vielfach aber auch unvorhergesehen und unerwünscht einstellen und die sich vom eigentlich gewollten Ergebnis der Handlung häufig nicht abtrennen lassen.[26]

In ihrem Gegenstandsgebiet findet die stoffgeschichtliche Forschung nicht nur sich bewegende und bewegte Stoffe, sondern immer schon zirkulierende Geschichten vor. Dies sind Geschichten vom Ursprung bestimmter Substanzen, von ihren Kräften, von den Menschen, die mit ihnen zu tun haben oder hatten (oder haben werden). Diese Geschichten verdienen es, gesammelt und analysiert zu werden, oft zeigt sich, dass sie bestimmte, immer wiederkehrende Bauprinzipien haben, die sie zirkulationsfähiger, aber damit eben auch oft fragwürdig machen. Solche Muster zu diagnostizieren und kritisch zu reflektieren, ist ein wichtiger Bestandteil stoffgeschichtlicher Forschung,[27] der nicht davon dispensiert, am Ende selbst eine, hoffentlich immer noch hörenswerte, aber eben komplexere Geschichte zu erzählen.

Das Wissen, das die stoffgeschichtliche Forschung erarbeitet und erzählend vermittelt, ermöglicht es, an einem dafür besonders geeigneten Forschungsgegenstand die Nachteile der wissenschaftlichen Arbeitsteilung zu überwinden.[28] Das macht sie geeignet für langfristige Kooperationsprojekte,

---

23 Janich, Logisch-pragmatische Propädeutik; Panayotis Kondylis, Das Politische und der Mensch. Grundzüge der Sozialontologie, Berlin 1999, insbes. S. 437–480.

24 Siehe dazu Soentgen, Konfliktstoffe, S. 39–44.

25 Janich, Logisch-pragmatische Propädeutik, S. 37 f.

26 Ausf. Soentgen, Konfliktstoffe, S. 45–51.

27 Siehe etwa Stefanie Gänger, A Singular Remedy. Cinchona Across the Atlantic World, 1751–1820, Cambridge 2020, S. 30–53.

28 Siehe etwa aus der Reihe Stoffgeschichten Gerhard Ertl/Jens Soentgen (Hrsg.), N – Stickstoff. Ein Element schreibt Weltgeschichte, München 2015; Jens Soentgen/Armin

die sich dann zu neuen disziplinären Forschungslinien verstetigen können.[29] Ihr Ergebnis ist idealerweise kein buntes Nebeneinander von disparaten Informationen, sondern eine integrierte bzw. transversale Geschichte, wie etwa das meisterliche Buch des Schweizer Wissenschaftshistorikers Christian Simon über das DDT.[30]

Zusammengefasst lässt sich festhalten: (1) Stoffgeschichten analysieren und interpretieren die historisch gewachsenen Handlungszusammenhänge, durch die Stoffe gezielt oder ungezielt auf den Weg gebracht wurden und werden, (2) sie berücksichtigen die Eigenaktivitäten der Stoffe, die Bestandteil dieser Handlungszusammenhänge sind, diese tragen oder durchkreuzen, und (3) sie sind ein interdisziplinärer Forschungsansatz, der (4) Geschichten, die bereits über Stoffe in diesen oder jenen Gemeinschaften zirkulieren, sammelt und kritisch reflektiert und (5) seine Ergebnisse als mehrstimmige Geschichte darstellt.

Am Beispiel des Kautschuks soll im Folgenden verdeutlicht werden, dass die beschriebene Erweiterung des stoffhistorischen Ansatzes auch in der Chemiegeschichte, wo Stoffgeschichten eine besonders lange Forschungstradition haben, eine Vertiefung des Verständnisses ermöglicht. Zugleich wirkt sie integrativ, weil sie Verflechtungen zwischen wissenschaftlichem und nichtwissenschaftlichem Wissen herausarbeitet und die Wissenschafts- und Technikgeschichte mit übergreifenden Themen verbindet und sie damit aus der Isolation herausholt, in der Forschungen in diesen Feldern oft betrieben wird.

Gummigeschichten und das europäische Bild von süd- und mittelamerikanischen indigenen Kulturen

> »Perhaps no other substance has had as much historical information written about it as has Rubber. From the early use of natural rubber in the pre-Columbian era and subsequent discovery, experimentation and development of rubber into an industry, to the synthesis of a substitute in the 20th

---

Reller (Hrsg.), CO_2 – Lebenselixier und Klimakiller, München 2009, sowie Emeis/Schlögl-Flierl, Phosphor.

29 Wie das Beispiel der Ressourcenstrategie zwischen Geografie und Ökonomie zeigt. Siehe dazu Armin Reller u. a. (Hrsg.), Ressourcenstrategien. Eine Einführung in den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, Darmstadt 2013.

30 Christian Simon, DDT. Kulturgeschichte einer chemischen Verbindung, Basel 1999.

> century, there have been many aspects to the evolution of one of mankind's most important materials«[31]

Mit diesem Seufzer beginnt die bislang vermutlich umfassendste Bibliografie zur Geschichte des Kautschuks, die 255 Titel einbezieht. Wenn auch das Ächzen der Bibliografin verständlich ist – leicht ließe sich die Länge ihrer Literaturliste verdoppeln – so zeigt doch die eingehende Beschäftigung mit der Geschichte dieser dehnbaren Substanz, dass es zwar etliche historische Darstellungen gibt, die aber in wesentlichen Aspekten recht einseitig ausfallen. Geht es nämlich um die außereuropäische Vorgeschichte des Gummis, dann finden sich kaum Bezugnahmen auf originäre Informationen und Quellen, sondern fragwürdige Verallgemeinerungen. Das wäre an sich kein bedeutender, nicht einmal ein überraschender Befund, wenn diese Stereotype nicht eine gewisse innere Harmonie hätten, die im Folgenden kritisch hinterfragt und mit quellennahen Informationen über indigene Nutzungen des Kautschuks und indigene Erfindungen rund um dieses Material konfrontiert werden soll.

Verfolgt man den Kautschuk über die Labore, in denen sein Verhalten studiert wurde, zurück bis in die Wälder und Dörfer, in denen Europäer ihn erstmals kennenlernten, dann führt diese Erweiterung des Beobachtungsfeldes dazu, dass auch die Konzepte, mit denen wir über Wissen sprechen, erweitert werden müssen, weil auch indigenes Wissen einbezogen werden muss. Wissen nicht europäischer Kulturen ist der Chemiegeschichte keineswegs fremd. So hat etwa der Altmeister der Chemiegeschichte, Hermann Kopp, im ersten Band seiner *Geschichte der Chemie* immerhin die »Aegypter« und die »Phönicier« erwähnt sowie allgemein erklärt:

> »Die wissenschaftliche Chemie [...] steht mit empirischer Erkenntniß in zu nahem Zusammenhang und fußt zu sehr auf derselben, als daß wir diejenigen Zeiten ganz übergehen dürften, wo schon Thatsachen, die dem Gebiete der Chemie angehören, bekannt waren, wenn gleich damals noch nicht an eine Verknüpfung dieser Thatsachen durch ein geistiges Band gedacht wurde.«[32]

31 Joan C. Long, The History of Rubber. A Survey of Sources about the History of Rubber, in: Rubber Chemistry and Technology 74:3, 2001, S. 493–508, hier S. 493.

32 Hermann Kopp, Geschichte der Chemie, Bd. 1, Braunschweig 1843, S. 19.

Die ausführliche Darstellung der Beiträge außereuropäischer Kulturen ist bis heute allerdings die Ausnahme. Lediglich die Beiträge Chinas und Indiens zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik in der Chemie ist heute, dank der monumentalen Werke von Joseph Needham und seinen Nachfolgern (*Science and Civilization in China*) bzw. von Praphulla Chandra Ray (*A History of Hindu Chemistry*) dargestellt und im allgemeinen Bewusstsein verankert.[33]

Die Ureinwohner Amerikas und insbesondere Südamerikas, aber auch Australiens und Ozeaniens hingegen scheinen zum modernen Leben, zur modernen Chemie und Technologie wenig beigetragen zu haben. Sie werden vielmehr als Objekte gesehen, denen die Segnungen der modernen Zivilisation, einschließlich ihrer chemischen Errungenschaften, z. B. durch Entwicklungshilfe zugänglich gemacht werden sollen. Dies könnte sich als zwar schlüssiges, aber trügerisches Narrativ erweisen, das einer kritischen Prüfung bedarf. Die allgemein technische und auch chemische Kompetenz der Indigenen Südamerikas, durch die wir nicht nur zahlreiche sehr wichtige Nutzpflanzen wie Mais, Maniok, Kakao, Erdnüsse usw. erhalten, sondern auch viele pharmazeutisch höchst wichtige Substanzen wie etwa Pilocarpin,[34] Curare, Chinin[35] usw. kennengelernt haben, ist trotz etlicher gründlicher und wichtiger Einzelstudien nach meiner Kenntnis nur einmal zusammenfassend behandelt worden.[36] Bereits 1929 stellte der schwedische Anthropologe und Südamerikaforscher Erland Nordenskiöld in einem Aufsatz fest:

> »If we study the distribution of those discoveries and inventions which the Indians must have independently made, on account of their non-occurrence in the Old World, we shall find that a surprisingly great proportion of them fall within the Amazon region.«[37]

---

33 Siehe auch Pratik Chakrabarty, Science, nationalism, and colonial contestations. P.C. Ray and his Hindu Chemistry, in: The Indian Economic and Social History Review 37:2, 2000, S. 185–213.

34 Claudio Urbano Pinheiro, Jaborandi (Pilocarpus sp., Rutaceae). A Wild Species, in: Economic Botany 51, 1, 1997, S. 49–58.

35 Gänger, A Singular Remedy.

36 Siehe etwa Dorothy Hosler, West Mexican Metallurgy. Revisited and Revised, in: Journal of World Prehistory 22, 3, 2009, S. 185–212.

37 Erland Nordenskiöld, The American Indian as an Inventor, in: The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland 59, 1929, S. 273–309, hier S. 284. Siehe auch ders., Om Indianernes Anvendelse af Gummi i Sydamerika, in: Geografisk Tidsskrift 24, 1918, S. 80–84; Dorothy Hosler/Sandra L. Burkett/Michael J.

Die Gummigeschichten des 20. Jahrhunderts, ob sie nun von Schriftsteller:innen, Historiker:innen oder Kautschukfachleuten, also Techniker:innen verfasst werden, gehen kaum auf diese Entdeckungen ein, dafür enthalten sie oft stereotype Elemente. (1) Zum einen wird immer wieder die Bezeichnung »Kautschuk« auf einen poetischen indigenen Namen zurückgeführt. Kautschuk, so eine Lesart, der sich viele ähnliche an die Seite stellen lassen, stamme von dem Tupí-Guaraní-Wort Cahuchu, das »Tränen des Baumes« (oder »der weinende Baum« oder »fließendes Holz«) bedeute. (2) Ein zweites immer wiederkehrendes Element sind die rituellen Ballspiele der Maya oder Azteken in Mittelamerika, bei denen Gummibälle verwendet wurden. Erwähnung findet dabei stets, dass die Bälle aus Vollgummi waren, dass mit den Hüften gespielt wurde, und dass die Spiele nicht selten mit Menschenopfern verbunden waren. (3) Anschließend wird darauf hingewiesen, dass der von den Indigenen verwendete Stoff von dem französischen Mathematiker und Amazonien-Reisenden Charles-Marie de la Condamine im 18. Jahrhundert in Europa bekannt gemacht wurde. (4) In aller Regel wird dann das 19. Jahrhundert thematisiert und vermerkt, dass der Urwaldkautschuk zwar ein besonderer Stoff gewesen sei, insofern er elastisch, formbar und wasserundurchlässig war, aber eben kaum verwendbar, da er bei Hitze klebrig und bei Kälte bröckelig geworden sei. Erst das von Charles Goodyear entwickelte Verfahren der »Vulkanisation« hätte den unvollkommenen Stoff aus dem Urwald in ein nützliches Material transformiert, das in der Folge in größtem Umfang industriell genutzt wurde. (5) Die weitere Erzählung wird dann meist in das Erzählformular des »Siegeszuges« des vulkanisierten Kautschuks eingetragen, der womöglich holprig war, Aufs und Abs aufwies und auch seine Schattenseiten hatte. Amazonien wird dabei erst wieder thematisiert, wenn vom Kautschukboom und vom Raub der Samen der Hevea Brasiliensis durch Henry Wickham im Jahre 1876 erzählt wird. Der Umstand, dass diese Samen gar keinen Nutzen gehabt hätten, wenn nicht zuvor das indigene Wissen um die Präparation des Kautschuks, die Stabilisierung des Stoffes und seine vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten in alle Welt ausgeführt worden wäre, fand ich nirgends erwähnt. Die indigenen Gruppen Süd- und Mittelamerikas tauchen erst als Opfer wieder auf, wenn es um die Schilderungen der Gräuel geht, die im Namen der Peruvian Amazon Company im späten 19. und beginnenden 20. Jahrhundert in Westamazonien an den dort ansässigen Stämmen verübt

---

Tarkanian, Prehistoric Polymers: Rubber Processing in Ancient Mesoamerica, in: Science 284:5422, 1999, S. 1988–1991.

wurden, die mit grausamsten Methoden zum Kautschukzapfen gezwungen wurden. Als technisch begabte und erfindungsreiche Menschen, als Expert:innen im engeren Sinne kommen die autochthonen Kulturen Amazoniens in diesem Erzählmuster aber kaum vor.[38] Stark aufgenommen wird stattdessen das bekannte Doppelbild von kindlich-paradiesischer Ursprünglichkeit und barbarischer Grausamkeit im Opferritual, welches das europäische Bild von mittel- und südamerikanischen indigenen Kulturen mancherorts bis heute prägt.[39] Dieses suggestive Bild unterschlägt u. a., dass die südamerikanischen autochthonen Kulturen, von denen sehr viele die Begegnung mit den Europäern nicht überlebt haben, eine beträchtliche Erfindungskraft und technische Kompetenz besaßen und auch immer noch besitzen, die sich für die industrielle Wirtschaft langfristig als vermutlich wichtiger herausstellten als das Gold und Silber, das man raubte oder erpresste. Die globale Gummiindustrie erwirtschaftet heute jedenfalls jährlich Umsätze im zweistelligen Milliardenbereich.[40]

Die indigene Kautschuktechnik war weit mehr als die einfache Ernte einer natürlichen Ressource. Vielmehr beruht dieses technische Verfahren auf kognitiven Leistungen, die über viele Generationen hinweg kulturell weitergegeben und weiterentwickelt wurden. Hier lässt sich sehr wohl von einer Hochtechnologie sprechen, da von der Latexgewinnung bis hin zum fertigen Produkt eine Serie von aufeinander abgestimmten Handlungen erforderlich war. Diese Technik ist zwar suffizient, insofern sie mit wenigen Werkzeugen zurechtkommt und lediglich Dinge benötigt, die im Wald zu finden sind, sie ist aber zugleich hochgradig effizient, weil sie mit wenig Aufwand ihr Ziel erreicht. Sie ist zudem eine vollkommen selbstständige kognitive Leistung, die in der Alten Welt keine Parallele hat. Neben Techniken und Materialien, die in

---

38 Soweit ich sehe, wird lediglich in drei Kautschukgeschichten die technische Intelligenz etwas ausführlicher gewürdigt, nämlich bei Victor Forbin, Le Caoutchouc dans le Monde, Paris 1943; John Loadman, Der Baum, der weint. Vom Blutgummi zum Plantagenkautschuk, in: Ulrich Giersch/Ulrich Kubisch (Hrsg.), Gummi. Die elastische Faszination, Ratingen/Berlin 1995, S. 32–47; Jean-Baptiste Serier, Histoire du Caoutchouc, Paris 1993.

39 Wolfgang Müller, Die Indianer Amazoniens. Völker und Kulturen im Regenwald, München 1995, S. 19 f.

40 PR Newswire: Global Industrial Rubber Product Market Size Worth USD $42.3 Billion By 2028, 19.4.2022, https://www.wallstreet-online.de/nachricht/15331607-global-industrial-rubber-product-market-size-worth-usd-42-3-billion-by-2028-cagr-4-9-industry-share-trends-forecast-report-by-zion-market-research [31.3.2023].

Amerika unbekannt waren, gibt es auch Techniken und Materialien, die in der Alten Welt unbekannt waren, obwohl die Voraussetzungen an sich vorlagen.

Es entspricht durchaus nicht den Tatsachen, dass der Kautschuk lediglich deshalb in Amazonien entdeckt wurde, weil nur dort die Hevea brasiliensis wächst, die ihn liefert. Auch in der Alten Welt hätte man den Kautschuk theoretisch erfinden können. Die botanischen Voraussetzungen waren jedenfalls gegeben, denn auch in Afrika, Asien und Europa existierten latexführende Pflanzen. Insgesamt kennt man weltweit rund 2000 Spezies, von denen einige, nachdem man durch die indigenen Produkte auf die Vorzüge des Kautschuks aufmerksam gemacht wurde, für die Latexgewinnung und Kautschukproduktion herangezogen wurden (z. B. der bekannte, in Indien verbreitete Gummibaum, Ficus elastica). Dass der Kautschuk aber nicht in Asien, sondern in Südamerika erfunden wurde, unterstreicht den technischen Spürsinn und die technische Kompetenz der indigenen Gruppen, die Kautschuk erstmalig nutzten, den Wert dieser Entdeckung erkannten, die zugehörige Technologie weitergaben und verfeinerten sowie neue Produkte ersonnen.[41] Alle diese Prozesse sind kulturell und keineswegs irgendwie natürlich oder auch nur naheliegend.

Die indigenen Völker Südamerikas und Mittelamerikas besaßen nicht nur funktionale Äquivalente zur Vulkanisation, sie erfanden auch effiziente Bearbeitungsmethoden und Anwendungen für das Material, die weit über die Gummibälle hinausgingen. Begeben wir uns auf diese Spur, dann erweitern wir auch unser Verständnis der Chemie, denn wir stoßen auf chemische Praktiken, die wirksam und erfolgreich waren, und dabei ohne Retorte und ohne Reagenzglas auskamen.

Indigenes Wissen

Bei fast allen dem Kautschuk bislang gewidmeten Untersuchungen geht es um die Wissensproduktion europäischer oder nordamerikanischer Techniker

41 »It is a matter of fact that in pre-Columbian times the Indians were acquainted with all the qualities that make rubber so valuable in modern industry. No corresponding discovery had ever been made in the Old World prior to the discovery of America, in spite of the fact that both in Asia and Africa there are found rubber trees of various kinds.« Nordenskiöld, The American Indian as an Inventor, S. 279.

oder Chemiker,[42] also um wissenschaftliches Wissen. Der Begriff des indigenen Wissens hat dagegen in der Technik- und Wissenschaftsgeschichte erst in neuester Zeit verstärkt Beachtung erfahren.[43] Die damit bezeichnete Perspektive ist wichtig, wenn die laborbezogenen Stoffgeschichten erweitert werden sollen.

Der Begriff des indigenen (oder auch traditionellen bzw. lokalen) Wissens findet im internationalen Recht seit Mitte der 1980er Jahre Verwendung.[44] Eine klare Definition hat sich in der Literatur bisher nicht durchgesetzt.[45] Hier wird dieser Begriff nicht als rechtlicher, sondern als historischer Begriff verwendet. Er bezeichnet ein nicht schriftlich fixiertes Wissen, das indigene Völker entwickelt haben und kulturell, durch Lehren und Lernen, weitergeben. Der Begriff indigen ist dabei relativ, er bezeichnet Gemeinschaften und Völker, die in einem bestimmten Territorium zu einer bestimmten Zeit früher ansässig waren als andere, Hinzukommende. Solche indigenen Gemeinschaften existieren weltweit, auch in Europa und Asien, in erster Linie werden aber mit diesem Begriff die Gemeinschaften bzw. Völker Amerikas sowie Australiens und Ozeaniens gemeint, die für die ›Alte Welt‹ (Europa, Asien, Afrika) bis zum Beginn der Neuzeit unbekannt waren.

Auch wenn dieses Wissen meist als ›traditionell‹ bezeichnet wird,[46] ist davon auszugehen, dass es nicht statisch, sondern dynamisch ist und durch individuelle Entdeckungen und Erfindungen weiterentwickelt wird, die dann von anderen übernommen oder nachgeahmt wurden.[47] Am indigenen Wissen kann ganz allgemein eine eher geistige Dimension (Wissen um bestimmte

---

42 Jochen Streb, Der transatlantische Wissenstransfer auf dem Gebiet der Synthesekautschukforschung in Krieg und Frieden. Freiwillige Kooperationen und erzwungene Reparationen (1926–1954), in: Technikgeschichte 71:4, 2004, S. 283–303.

43 Etwa bei Neil Safier, Global Knowledge on the Move. Itineraries, Amerindian Narratives, and Deep Histories of Science, in: Isis 101:1, 2010, S. 133–145.

44 Eine gute Übersicht bei Manuela Carneiro da Cunha, »Culture« and Culture. Traditional Knowledge and Intellectual Rights, Chicago 2009, S. 10–26. Siehe auch Christoph Antweiler, Local Knowledge and Local Knowing. An Anthropological Analysis of Contested »Cultural Products« in the Kontext of Development, in: Anthropos 93:4/6, 1998, S. 469–494.

45 Xuan Li, Overcoming Market Failure and Rationalizing Traditional Indigenous Medicinal Knowledge Protection Regimes. An Economic Approach and Case Study in China, Bamberg 2007, S. 16 f.

46 Zur Kritik siehe Carneiro da Cunha, »Culture« and Culture; Antweiler, Local Knowledge and Local Knowing.

47 Gabriel Tarde, Die Gesetze der Nachahmung, Frankfurt am Main 2009, S. 110–129.

religiöse bzw. spirituelle Themen, Wissen um bestimmte historische Ereignisse, Kenntnis von Mythen, Kenntnis bestimmter Sprachen usw.) und eine eher materielle Dimension (Kenntnis bestimmter Naturphänomene, bestimmter geografischer Gegebenheiten, bestimmter Tiere, Pflanzen, Pilze sowie bestimmter Stoffe usw.) unterschieden werden. Obwohl die geistige Dimension indigenen Wissens wichtig ist, ist für die Untersuchung kultureller Interaktionen im Rahmen wissenschafts- und technikgeschichtlicher und auch stoffgeschichtlicher Studien vor allem die materielle Dimension von Belang. Das hat seinen sachlichen Grund darin, dass sich Wissen, das sich auf Stoffe und Stofftransformationen bezieht, leichter auch über Kulturgrenzen hinweg transferieren lässt. Hier sind nämlich sprachliche Erläuterungen nicht unbedingt für ein angemessenes Verständnis erforderlich, wie das z. B. beim Wissen um Mythen, sprachliche Bezeichnungen oder Götter oder Geister der Fall ist. Schon durch das Zeigen oder Vormachen lässt sich vermitteln, worauf es ankommt. Hier geht es etwa um die Kenntnis bestimmter Pflanzen, um bestimmte Stofftransformationen, um Verfahren der Stofftrennung, der gezielten Stoffveränderung und der Stoffmischung. Dieses auf Stoffe bezogene indigene Wissen dürfte grundsätzlich ähnlich entstehen wie westliches wissenschaftliches Wissen, nämlich durch Beobachtung, Ausprobieren, logischen Schluss, Analogiebildung, Zufall usw. Zudem ist für manche Fälle plausibel, dass die bislang wenig beachtete Beobachtung des Verhaltens von Tieren nicht unbedeutend für die Entstehung dieses Wissens ist.[48] Ohne Zweifel ist die oft diskutierte Übertragung von technischen Praktiken von einem Bereich auf einen anderen zentral.[49]

Indigenes Wissen ist zwar nicht so statisch, wie der oft verwandte Begriff ›traditionell‹ suggeriert, und doch wird es auch nicht so dynamisch sein wie das Wissen in der europäischen Wissenschaftskultur, das seine Dynamik, wie vielfach ausgeführt wurde, nicht zuletzt der Tatsache verdankt, dass es verschriftlicht ist, sich in stetem Austausch transformiert und von organisierten Kollektiven spezialisierter Forscher:innen hervorgebracht wird.[50] Zwar

48 Paul Newton/Nathan Wolfe, Can Animals teach us Medicine?, in: British Medical Journal 305, 1992, S. 19–26. Ein Beispiel könnte die Gewohnheit bestimmter Tiere (u. a. Papageien) sein, bestimmte Erdsorten zu therapeutischen Zwecken einzunehmen, etwa um Magenverstimmungen zu verbessern (Geophagie).

49 Siehe für das Beispiel Rad-Töpferscheibe André Leroi-Gourhan, Milieu et technique, Paris 2002, v. a. S. 344 f.

50 Rainer Totzke, Buchstaben-Folgen. Schriftlichkeit, Wissenschaft und Heideggers Kritik an der Wissenschaftsideologie, Weilerswist 2004, S. 79–85.

gibt es, wie schon Alexander von Humboldt und Aimé Bonplandt im Frühjahr 1800 in einem indigenen Dorf bei Esmeralda am Orinoco beobachteten, auch in indigenen Gemeinschaften durchaus Stoffspezialist:innen, die sich auf die Bereitung bestimmter Substanzen (z. B. Curare oder auch Bier) verstehen.[51] Diese Spezialist:innen schließen sich jedoch nicht zu spezialisierten, institutionalisierten Gemeinschaften, in denen Wissen ausgetauscht und weiterentwickelt wird, zusammen.

Wir verfügen leider nur über sehr wenige moderne ethnologische Feldstudien zu indigenem technischen Wissen.[52] Daher lassen sich auch kaum allgemeine Aussagen treffen. Es ist aber anzunehmen, dass indigenes Wissen nicht theorieförmig organisiert ist, weil wissenschaftliche Theorie Schrift voraussetzt. Es dürfte in erster Linie narrativ organisiert sein.[53] Nach der klassischen europäischen Rechtsauffassung war derartiges Wissen Allgemeingut; es konnte also von jedem, insbesondere auch von Europäer:innen, ohne Weiteres genutzt werden. Erst heute wird, koordiniert durch die World Intellectual Property Organization, einer UN-Sonderorganisation mit Sitz in Genf, an Regeln für den Umgang mit solchem traditionellen Wissen gearbeitet.[54]

Im Folgenden geht es nicht um die Rechte, die nach neuerer Auffassung bei der Nutzung traditionellen Wissens zu beachten sind, oder um die Frage, ob solche Rechte auch in der Vergangenheit schon hätten beachtet werden müssen. Hier soll die materielle Seite indigenen Wissens zunächst weiter charakterisiert werden, um seine Rolle in der Geschichte des Kautschuks präziser fassen zu können. Zum einen wussten wohl alle indigenen Völker der amerikanischen Tropen, welche Pflanzen wann Latex führen, wo man diese auffinden und wie man den Latex entnehmen konnte, ohne den Baum zu sehr zu schädigen. Dies ist die botanische und biogeografische Komponente indigenen Kautschukwissens. Dann wussten sie, wie man die Milch mit einem bestimmten

51 Genauer dargestellt bei Jens Soentgen/Klaus Hilbert, Präkolumbianische Chemie: Entdeckungen der indigenen Völker Südamerikas, in: Chemie in unserer Zeit 46:5, 2012, S. 322–334.

52 Siehe zu Keramik die sehr gute Studie von Fabiola Andrea Silva, As tecnologias e seus significados. Um estudo da Ceramica dos Asuriní do Xingu e da cestaria dos Kayapo-Xikrin sob uma perspectiva etnoarqueologica, Sao Paulo 2000; siehe zu Lacken Teresa Castelló Iturbide, Maque o Laca, in: Artes de México Nr. 153/1972, S. 33–81.

53 Zu diesen und weiteren Kennzeichen mündlichen Wissens siehe Totzke, Buchstaben-Folgen, S. 36–46.

54 Siehe https://www.wipo.int/portal/en/index.html [31.3.2023].

Räucherverfahren so behandeln kann, dass daraus gefertigte Gegenstände stabil blieben und nicht etwa in Fäulnis übergingen oder in der Hitze klebrig wurden. Dies ist die chemische Komponente ihres Wissens. Und schließlich verfügten sie über das Know-how, aus dem merkwürdigen Stoff nützliche Produkte herzustellen. Sie entwickelten eine Vielzahl sehr spezifischer Gummiprodukte, deren industriell gefertigte Nachfahren bis heute in Gebrauch sind. Entscheidend ist die chemische Dimension des indigenen Wissens, nämlich die Kenntnis einer Methode, wie sich die gefertigten Kautschukprodukte gegen Zerfall konservieren lassen.

Die Rekonstruktion indigenen Kautschukwissens stellt die stoffgeschichtliche Forschung vor erhebliche methodische Probleme. Denn das indigene Wissen ist nicht von den indigenen Völkern selbst dokumentiert worden, sondern wird kulturell nur mündlich weitergegeben. Alle bisher vorliegenden Darstellungen stammen von nicht indigenen Forschern, die häufig wenig genau in ihren Beschreibungen waren und z. B. oft nur die Handlungen beschrieben, ihre Gewährsleute aber nicht nach den Begründungen für diese Handlungen fragten.

Bei der Bemühung um die Rekonstruktion indigenen Kautschukwissens kann auf gedruckte Quellen zurückgegriffen werden, gleichwohl ist dieser Weg anspruchsvoll, weil Beschreibungen erster Beobachtungen der indigenen Kautschuktechnologie und indigenen Kautschukwissens in der Regel nur auf Spanisch, Portugiesisch oder Latein vorliegen. Vor allem finden sich gerade in der älteren Literatur mehrere Bezeichnungen für die Substanz, was das Auffinden relevanter Stellen erheblich erschwert.[55] Um die indigenen Techniken besser zu verstehen, habe ich zudem Interviews mit einem Kautschukchemiker geführt, hinzu kam teilnehmende Beobachtung: wenn auch nicht bei einer indigenen Gemeinschaft, so doch in einem Kautschuklabor.[56]

Immerhin lassen sich mit diesem stoffgeschichtlichen Zugriff einige Aussagen treffen, die über den bislang erreichten Forschungsstand deutlich hinausführen. Sie sind aber durchaus ergänzungsfähig, etwa durch eine Untersuchung der in ethnologischen Museen aufbewahrten Artefakte. Zudem könn-

55 Ein unentbehrliches Hilfsmittel ist hier Georg Friederici, Amerikanistisches Wörterbuch und Hilfs-Wörterbuch für den Amerikanisten, Hamburg 1960.

56 Der verstorbene Chemiker und Kautschukfachmann Dr. Ernst Schwinum, vormals Bayer AG, Leverkusen, hat mir viele entscheidende Informationen gegeben wie auch für die Gelegenheit, die Kautschuktechnologie im Prüflabor in Leverkusen kennenzulernen.

ten die indigenen Techniken, wie es die experimentelle Archäologie oder performative wissenschaftshistorische Methoden der »Reconstruction« und des »Re-enactment« betreiben, systematisch erprobt werden.[57] Nicht undenkbar ist schließlich, dass es in Amazonien noch Gemeinschaften gibt, die weiterhin nach traditioneller Methode Kautschukprodukte anfertigen, sodass die Möglichkeit bestünde, vor Ort deren Technologie und das indigene Wissen mit ethnografischer Methodik genauer zu studieren.

Indigene Kautschukprodukte

Sieht man ein aus einem bestimmten Stoff gefertigtes Ding, erhält man damit oft wertvolle Informationen über diesen Stoff und seine Eigenschaften, auch wenn keine Kommunikation stattfindet. Denn in gezielt hergestellte Dinge, die einen bestimmten Zweck erfüllen, ist Wissen investiert und eingeschrieben. Wissen muss also nicht durch Wort oder Schrift verbreitet werden, sondern kann seine Zirkulation schon mit dem zweckvoll hergestellten Ding selbst beginnen, an dem dieses Wissen ablesbar ist. Diese besondere Form des ›tacit knowledge transfer‹ ist für die Geschichte des Kautschuks, wie im Übrigen auch für die Geschichte anderer Stoffe, von erheblicher Bedeutung. Um solchem tacit knowledge transfer auf die Spur zu kommen, reicht es nicht, schriftliche Quellen zu studieren, auch die Objekte müssen selbst zur Hand genommen werden. Hochspringende Gummibälle waren es, die die Europäer:innen zuerst mit den Eigenschaften des Kautschuks bekannt machten. Kautschuk wurde aber, wie die Berichte der frühen Reisenden und ethnologische Publikationen zeigen, weitaus vielfältiger und kreativer eingesetzt. Man hat ihn etwa zum Beispiel zur Produktion von Klistieren und damit für Spritzen verwendet. Dabei hat man mit dem Verfahren der verlorenen Form gearbeitet, indem das Produkt um einen Tonkern geformt wurde, den man dann durch eine Öffnung auswusch. Dazu nahm man sandigen Ton, der sich leicht zerkleinern und ausspülen ließ. Auf die dieserart geformte Flasche kam dann ein hohler Vogelknochen, der als Kanüle diente. So wurden Klistiere produziert, die etwa, wie der französische Naturforscher de la Condamine von den Omagua berichtete, vor Festgelagen herumgereicht wurden, um den geladenen Gästen Erleichterung zu verschaffen und Platz für die Aufnahme der zu verzehrenden

57 Sven Dupré u. a. (Hrsg.), Reconstruction, Replication and Re-enactment in the Humanities and Social Sciences, Amsterdam 2020.

Speisen und Getränke zu machen.[58] Auch Halluzinogene wurden durch solche Klistiere eingeführt;[59] mittels kleinerer Spritzen wurden sie in die Nase injiziert.[60] Franz Veigl, ein Autor des 18. Jahrhunderts, schrieb:

> »Das Mannsvolk [der Omagua; J. S.] bildet aus gewissem ganz besondern Harze, auf peruanisch Cauchu einge hohle Kürbschen, mit an die Mündung angefügten dünnen Röhrlein. Diese Plutzergen oder Kürbschen, bleiben immer sehr biegsam, und wenn man sie so zusammen drücket, daß die Luft völlig heraus muß, das Röhrlein aber sodann in etwas flüßiges hinein hält, säuft sich damit das Plutzergen von selbst ganz voll an. Drücket man es alsdann wieder mit der Hand, so läuft das eingesogene nach Maas der drückenden Gewalt, gleich einer Spritze, sehr weit hinaus.«[61]

Die Spritzen regten die Europäer:innen zur Entwicklung ähnlicher Medizinprodukte an, zu Handpumpen für Injektionen, Spülungen, Milchsaugern usw.[62] Es finden sich weitere medizinische Anwendungen, die aus heutiger Sicht modern wirken. Kautschuklamellen wurden von den Couna (auch Kuna bzw. Cuna) in der panamesischen Provinz Darién (an der Grenze zu Kolumbien) Fieberkranken zwischen die Zähne geschoben, um bei Krämpfen ein allzu starkes Knirschen zu verhindern.[63] Der Milchsaft scheint ebenfalls medizinisch verwandt worden zu sein, etwa zur Behandlung von Darmblutungen, wie bereits der spanische Missionar und Schriftsteller Bernabé Cobo festhielt.[64]

---

58 Charles Marie de la Condamine, Relation abrégée d'un Voyage fait dans l'interieur de L'Amérique Méridionale, Paris 1745, S. 79 f.

59 Oskar von Hovorka/Adolf Kronfeld, Vergleichende Volksmedizin, Bd. 1, Stuttgart 1908, S. 237.

60 Franz Xavier Veigl, Gründliche Nachrichten über die Verfassung der Landschaft von Maynas, in Süd-Amerika, bis zum Jahre 1768 […] in besagter Provinz vormaligem Missionar der Gesellschaft Jesu, in: Reisen einiger Missionarien der Gesellschaft Jesu in Amerika, aus ihren eigenen Aufsätzen hrsg. von Christoph Gottlieb von Murr, Nürnberg 1785, S. 87.

61 Ebd., S. 86 f.

62 Johann Georg Krünitz, Oekonomische Encyklopaedie oder allgemeines System der Staats-, Stadt-, Haus-u. Landwirthschaft, und der Kunst-Geschichte, Bd. 22, Berlin 1789, S. 82 f.

63 Forbin, Le Caoutchouc dans le Monde, S. 12.

64 Bernabé Cobo, Historia del Nuevo Mundo, 1.Teil [1653], Madrid 1964, S. 269.

Hohle und massive Kautschukbälle waren das vielleicht auffälligste Beispiel indigener Kautschukprodukte.[65] Das Ballspiel mit hohlem oder massivem Ball war nicht nur den Maya oder Azteken bekannt, sondern war im ganzen tropischen Südamerika verbreitet, wie das Studium alter Reiseberichte zeigt.[66]

Auch wurden breite Kautschuk-Bänder bzw. Folien oder Matten hergestellt, mit denen verschiedene Objekte durch Umwickeln wasserdicht gemacht wurden,[67] es wurden Schuhe gefertigt, wasserdichte, gummibeschichtete Textilien und Flaschen.[68] Die Indianer nutzten zudem aus Kautschuk gefertigte Ringe als Schmuck und zur Bündelung, etwa von Ästen. Cornelius Pauw hielt in seinen *Recherches philosophiques* zudem fest, dass solche Ringe bei manchen indigenen Gemeinschaften auch als Penisringe zur Luststeigerung eingesetzt wurden.[69] Nicht zuletzt wurde Spielzeuge aus Kautschuk gefertigt. Die Gummiente bzw. der ihr entsprechende Gummialligator ist also ebenfalls ursprünglich eine indigene Erfindung. Auch hohle Spielpuppen wurden hergestellt, wie der Aufklärer Johann Georg Krünitz in seiner Enzyklopädie ausführte:

> »Übrigens werden uns noch verschiedene andere Geräthe und Körper von diesem Harze, auch oft unförmliche Figuren von allerley Thieren, Bälle etc. über Spanien aus Amerika zugeführt, welche Sachen gemeiniglich, die Bälle ausgenommen, hohl sind. Fast alles ist mit Laubwerk, oder anderen Figuren,

---

65 Nordenskiöld, Om Indianernes Anvendelse af Gummi i Sydamerika, S. 85.

66 Theodore Roosevelt, Through the Brazilian Wilderness and Papers on Natural History, New York 1926, S. 159; Nordenskiöld, Om Indianernes Anvendelse af Gummi i Sydamerika, S. 80–84; Joseph Gumilla, El Orinoco Ilustrado y Defendido, Historia Natural, Civil, Y Geographica De este Gran Rio Y de Sus Caudalosas Vertientes, Bd. 1, Madrid 1745, S. 190 f. Ein Foto des Kopfballspieles bei den Paressi-Kabisi zeigt Max Schmidt, Die Paressi-Kabisi, in: Baessler – Archiv, Leipzig 1914, S. 183.

67 Carl Friedrich Philipp von Martius, Beiträge zur Ethnographie und Sprachenkunde Amerika's zumal Brasiliens, Bd. I, Leipzig 1867, S. 440.

68 Pierre Barrere, Nouvelle Relation de la France Equinoxiale, Paris 1743, S. 139–141.

69 »Da die Schwellung des männlichen Gliedes gelegentlich einige Malheurs gewärtigen muss, und zwar solche, die einem Mann zuallerletzt passieren dürfen, haben die Wilden der Provinzen, wo der Kautschuk (das ›elastische Harz‹) wächst, dank der Anstiftung ihrer Frauen eine einzigartige List, um die Sensationen und Ekstasen der Liebe zu vergrößern: Sie bringen an der Peniswurzel kleine aus jenem Harz geformte Ringe an […]«, Cornelius de Pauw, Recherches Philosophiques sur Les Américains, Bd. 1, Berlin 1777, S. 54 (Übers. Jens Soentgen).

> die man darauf eindrückt, wenn die Materie noch weich ist, aber nicht sehr mit Geschmack, geziert.«[70]

Darüber hinaus fand Kautschuk als Zunder und als nicht tropfende, doch aufgrund der Rußpartikel hell leuchtende Fackeln Verwendung.[71] Die Jivaros nutzten den Kautschuk auch als Brandsatz in der Kriegsführung, indem sie Stücke entzündeten Kautschuks beim Angriff auf Dächer warfen.[72]

Auch wenn die indigenen Kulturen Amazoniens weder den Radiergummi noch den Autoreifen erfunden haben, zeigt sich also, dass ein sehr großer Teil moderner Gummiprodukte bereits von ihnen erdacht und von den Europäer:innen, nachdem sie die indigenen Produkte durch den Überseehandel kennengelernt hatten, lediglich übernommen und adaptiert wurden. Damit diese Gummiprodukte auch langfristig überzeugten, war es notwendig, dass sie auch eine gewisse Haltbarkeit hatten. Damit stellten sich besondere Herausforderungen, die die indigenen Kulturen jedoch zu lösen wussten.

Probleme des unbehandelten Kautschuks

Wenn man Latex einfach trocknen lässt, erhält man bereits ein elastisches Gebilde, das alle Eigenschaften des Gummis aufweist. Setzt man ein solches Kautschukprodukt aber dem Tageslicht aus,

> »so beginnt nach kurzer Zeit die Zersetzung. An den dünnsten Stellen wird das Federharz zuerst angegriffen; es nimmt die Eindrücke der Finger an, und die Linien der Haut bleiben dauernd darauf sichtbar; dehnt man dasselbe aus, so reißt es bald; [...]. Dieser Zustand der Veränderung nimmt immer mehr zu, und erstreckt sich bald durch die ganze Masse, die nun in das zweite Stadium übergeht. Dies ist ein völliges Klebrigwerden, welches mehr und mehr überhand nimmt, und die Masse in einen Zustand des Zerfließens bringt, [....]. Das dritte und letzte Stadium ist endlich ein allmäliges, anfänglich oberflächliches, abermaliges Trockenwerden, welches durch Bildung einer harten Haut entsteht, die in ihrer Dicke immer mehr zunimmt, [...]

---

70 Krünitz, Oekonomische Encyklopaedie, S. 82.

71 Von Martius, Beiträge zur Ethnographie, S. 440, Marquis de Wavrin, Les Jivaros. Réducteurs de Têtes. Récit d'Exploration Publié par Gaston Bunnens, Paris 1941, S. 179.

72 Marquis de Wavrin, Les Jivaros, S. 103.

> jetzt ist die Zersetzung beendigt. Das Federharz ist nun eben so spröde und brüchig, als es früher biegsam und elastisch war.«[73]

Zudem ist unbehandelter Kautschuk auch sehr empfindlich für den mikrobiellen Befall; Kautschukwaren konnten regelrecht verfaulen, wie ein amerikanischer Kautschukhistoriker anschaulich darstellt:

> »It was during the winter of 1832 that Goodyear passed the New York store of the Roxbury Company. Wearing a ragged coat, and a blacksmith's leather apron for additional warmth, he made his momentous visit to the rubber works, and met proprietor Chaffee. Chaffee welcomed him, and confided the bad news that his goods were going ›sour‹. It was true. Rubberized cloth was literally rotting in warehouses: Chaffee had actually buried $20,000 worth of it to keep it off the market.«[74]

Die wichtigste moderne Methode, mit diesen Herausforderungen umzugehen, besteht darin, Schwefel mit Kautschuk reagieren zu lassen. Der Einsatz von Schwefel wurde zuerst von dem Chemiker Friedrich Lüdersdorff 1832 ausführlich publiziert; Lüdersdorff ließ zunächst eine Lösung von Schwefel in Terpentinöl auf Kautschuk wirken und empfahl zudem das Verreiben von fein pulverisiertem Schwefel, sogenannter Schwefelblüte auf klebrigen Kautschukstellen.[75] Seine Idee wurde durch den siebten Band des ins Deutsche und ins Französische übersetzten und weit verbreiteten Lehrbuches der Chemie von Jöns Jakob Berzelius international bekannt gemacht.[76] Die Bedeutung und Priorität von Lüdersdorffs Entdeckung der Wirksamkeit von Schwefel war in der anglo-amerikanischen Fachliteratur Mitte des 19. Jahrhunderts

---

73 Friedrich Lüdersdorff, Das Auflösen und Wiederherstellen des Federharzes, genannt: Gummi elasticum; ur Darstellung luft- und wasserdichter Gegenstände ec., Berlin 1832, S. 34 f.

74 Charles M. Wilson, Trees and Test Tubes. The Story of Rubber, New York 1943, S. 44.

75 Lüdersdorff, Das Auflösen und Wiederherstellen des Federharzes, S. 45–53 u. 62.

76 Jöns Jakob Berzelius, Lehrbuch der Chemie, 4. Aufl., Bd. 7, Dresden/Leipzig 1838, S. 106 f.; siehe auch Leo Eck, Friedrich Wilhelm Lüdersdorff, in: Gummi-Zeitung 32, 1932, S. 967–968. Hayward selbst datiert seine Entdeckung, dass Schwefel die entscheidende Wirkung auf Kautschuk hat, auf das Jahr 1837. Nathaniel Hayward, Some Account of Nathaniel Hayward's Experiments with India Rubber, which Resulted in Discovering the Invaluable Compound of that Article With Sulphur, Norwich, Conn. 1865, S. 7.

bekannt und wurde ausdrücklich anerkannt,[77] wobei durchaus auf die Unabhängigkeit der Haywardschen Entdeckung hingewiesen wurde. In neueren englischsprachigen Gummigeschichten, die fast immer ohne Auswertung nicht englischsprachiger Veröffentlichungen entstehen, findet Lüdersdorff keine Erwähnung mehr.

Charles Goodyear erwarb 1839 das von Nathaniel Hayward angemeldete Patent und entwickelte es weiter: Er erwärmte die Kautschuk-Schwefel-Mischung. Durch Kombination des Schwefeleinsatzes mit der von Thomas Hancock erfundenen Mastizierwalze entstand ein Verfahren,[78] das in seinen Grundzügen auch heute noch eingesetzt wird. Die heroische Bezeichnung »Vulkanisation«, die von dem Maler und Erfinder William Brockedon geprägt und die dann von Hancock und schließlich auch von Goodyear übernommen wurde,[79] suggerierte nicht nur eine graduelle qualitative Verbesserung des Stoffes, sondern eine radikale Veränderung stofflicher Eigenschaften, welche die Fertigung eines universell einsetzbaren Materials ermöglichte, das nunmehr seinen »Siegeszug um die Welt« antreten konnte. Goodyear selbst nutzte 1839 noch das Oxymoron »metallic gum-elastic«.[80]

Auch in modernen Kautschukgeschichten folgt man meist dem Narrativ, dass der indigene Stoff unbrauchbar gewesen sei, wenn nicht die europäischen oder amerikanischen Erfinder:innen das Material durch Vulkanisation ›geheilt‹ hätten. Selbst der US-amerikanische Historiker Michael Edward Stanfield, der die Ausbeutung der indigenen Kulturen in den Mittelpunkt seiner Studie stellte, führte aus, der indigene Kautschuk hätte Probleme gehabt, die erst durch anglo-amerikanische Erfinder:innen überwunden werden konnten.[81] Richtig ist, dass europäische und amerikanische Erfinder:innen ei-

77 Anonymus, The Invention of Vulcanized India Rubber, in: Scientific American, New York, 13.2.1857, S. 173; William H. Richardson jr., The Boot and Shoe Manufacturers Assistant and Guide. Containing a Brief History of the Trade, Boston 1858, S. 109–111.

78 Austin Coates, The Commerce in Rubber. The First 250 Years. Commissioned by the Singapore International Chamber of Commerce Rubber Association, Singapore/Oxford/New York 1987, S. 22–28 u. 37–42.

79 Ebd., S. 38 f.

80 R. W. Lunn, Vulcanisation, in: P. Schidrowitz/T. R. Dawson (Hrsg.), History of the Rubber Industry, Cambridge 1952, S. 23.

81 »But rubber presented some problems, too. Its texture and elasticity changed with temperature: it became hard and brittle in the cold, and soft and tacky in the heat. During the first half of the nineteenth century, Europeans and Americans intensified their effort to stabilize or ›improve‹ rubber.« Michael Edward Stanfield, Red Rubber,

gene Verfahren entwickelten, die es ermöglichten, sowohl aus frischem Latex, also dem von Hevea brasiliensis, als auch von anderen Pflanzen gelieferten Saft und auch aus getrocknetem Latex haltbare und stabile Gummiprodukte herzustellen. Falsch ist dagegen, dass die Europäer:innen und Nordamerikaner:innen die Ersten und Einzigen waren, denen es gelang, die erwünschten und überaus nützlichen Eigenschaften des Kautschuks zu stabilisieren und ihn gegen das Brüchig- oder Klebrigwerden zu schützen.

Die verbreitete Periodisierung der Kautschukgeschichte bedarf der Korrektur. Tatsächlich verfügten die indigenen Gemeinschaften Lateinamerikas lange vor den Europäer:innen über ein eigenständiges Kautschukwissen. Ihnen war es nämlich lange vor den Europäer:innen gelungen, durch ein ganz eigenes Verfahren, das ohne Schwefel auskam, den Kautschuk zu stabilisieren; und nur, weil diese Erfindung, und zwar Jahrhunderte vor der Ankunft der Europäer:innen getätigt wurde (eine Datierung ist bisher nicht möglich), konnten Gummiprodukte, die lange hielten, überhaupt produziert werden und die Geschichte des Kautschuks, auch die europäische Geschichte des Kautschuks, in Gang kommen.

Es existiert ein indigenes Transformationsverfahren, das den Kautschuk stabilisiert und ihn robust gegen Hitze, Sonnenlicht und Keimbefall macht. Schwefel spielt dabei keine Rolle. Vielmehr handelt es sich um eine Form der Räucherung. Räuchern gehörte zu den weltweit verbreiteten Techniken, die vor allem zum Haltbarmachen von Lebensmitteln, von Fleisch und Fisch, aber auch von Molkereiprodukten Verwendung fanden. In der indigenen Kautschuktechnologie wurde dieses bekannte Verfahren nun für einen Werkstoff adaptiert. Dabei wurden in der Regel dünne Flüssigkeitsschichten auf Lehmformen aufgetragen und dann in den Rauch gehalten. Der Latexsaft wurde dabei über einem Glimmfeuer aus jungen Zweigen und Urucarí-Nüssen (von der Palme Attalea excelsa) oder Inajá-Nüssen[82] zugleich eingetrocknet und chemisch transformiert. Der Feuerrauch ließ das Wasser verdampfen, zudem bewirkten die im Rauch enthaltenen Substanzen eine Transformation und Stabilisierung der entstehenden Gummischicht. Der Rauch enthielt auch

Bleeding Trees. Violence, Slavery, and Empire in Northwest Amazonia, 1850–1933, Albuquerque 1998, S. 20.

82 Gewonnen wurden die Nüsse von der Palme Attalea maripa, auch andere Palmnüsse scheinen verwendet worden zu sein. Siehe dazu Henry Wickham, On the Plantation, Cultivation, and Curing of Para Indian Rubber (Hevea Brasiliensis) With an Account of its Introduction from the West to the Eastern Tropics, London 1908, S. 31.

stark antibiotisch wirkende Stoffe, die den Gummi vor dem Verfaulen und Verschimmeln schützten. Zudem schützten die sich anlagernden Rußpartikel vor dem Luftsauerstoff und vor UV-Licht. Auch die Elastizität des Produktes wurde auf diese Weise verbessert.[83]

Die indigenen Produkte hatten daher die oben geschilderten Probleme nicht; nur so ist zu erklären, dass Kautschuk umfassend in Gebrauch war. Dass das indigene Verfahren wirksam war, zeigt sich nicht zuletzt daran, dass es auch heute noch verwendet wird, sowohl in der ursprünglichen Form – geräucherte Kautschukmatten (smoked sheets) werden heute noch auf dem Weltmarkt gehandelt – als auch in Weiterentwicklungen. Dem Gummi wird zum Beispiel auch heute noch Ruß beigemischt, um ihn resistenter gegen Sonneneinstrahlung zu machen.

Eine Beschreibung von 1851 schildert den indigenen Prozess im Amazonas-Delta auf der Flussinsel Gurupá:

> »A fire is made on the ground of the seed of nuts of a palm-tree, of which there are two kinds: one called urucarí, the size of a pigeon's egg, though longer; and the other inajá, which is smaller. An earthen pot, with the bottom knocked out, is placed, moth down, over the fire, and a strong pungent smoke from the burning seeds comes up through the aperture in the bottom of the inverted pot. The maker of the rubber now takes his last, if he is making shoes, or his mould, which is fastened to the end of a stick; pours the milk over it with a cup, and passes it slowly several times through the smoke until it is dry. He then pours on the other coats until he has the required thickness; smoking each coating until it is dry. Moulds are made either of clay or wood; if of wood, it is smeared with clay, to prevent the adhesion of the milk. When the rubber has the required thickness, the moulds are either cut out or washed out.«[84]

Wie die Verzierungen angebracht wurden, beschrieb ein anderer Reisender:

> »You will, moreover, notice a number of Indian girls (some very pretty) engaged in making various impressions, such as flowers &c., upon the soft

83 Ausf. Soentgen, Die Bedeutung indigenen Wissens, S. 316–319.

84 Lewis Herndon, Exploration of the Valley of the Amazon, made under Direction of the Navy Department, Washington 1853; siehe auch Harald Sioli, Gelebtes, geliebtes Amazonien. Forschungsreisen im brasilianischen Regenwald zwischen 1940 und 1962, München 2007, S. 91–93.

surface of the rubber, by means of their thumb nails, which are especially pared and cultivated for this purpose. After this final operation, the shoes are placed in the sun to harden, and large numbers of them may be seen laid out on mats in exposed situations.«[85]

Henry Pearson, der Herausgeber der *India Rubber World*, berichtete, dass der Rauchgeruch der Nüsse im Wald die Lager der Kautschuksammler schon von Weitem anzeigte.[86] Das Verfahren war also recht geruchsintensiv und zweifellos auch gesundheitsschädlich. Aber es erfüllte seinen stofflichen Zweck, es »heilte« den Kautschuk.

Die Räucherung ist daher ein funktionales Äquivalent zur Vulkanisation, eine biologische Vulkanisation, wenn man so will, weil kein Mineral bzw. keine Chemikalie nötig ist, sondern nur Holz bzw. bestimmte Nüsse. Unter einem funktionalen Äquivalent verstehe ich einen technischen Prozess, der die zu einer bestimmten Zeit wahrgenommenen Probleme eines Materials ebenso befriedigend löst wie eine alternative Technik. Viele zeitgenössische Autoren bestätigten die Qualität der indigenen Produkte.[87] Goodyear würdigte die indigenen Produkte in seiner eigenen Werbeschrift eingehend und führte weiterhin aus, dass die eigenen Errungenschaften das indigene Fertigungswissen keineswegs ersetzen könnten. Trotz ihrer Unvollkommenheiten, so Goodyear, seien die indigenen Kautschukprodukte »almost indispensable to man. [...] The bottles, shoes, and toys made of it [i.e. native gum; J. S.] by the Indians of Para, were exceedingly useful.«[88] Besonders hervorzuheben sind auch die Aussagen von Henry Wickham, der vor allem für seinen Export von 7000 Samen der Hevea brasiliensis, der das brasilianische Monopol brach, bekannt ist. Seiner Einschätzung nach waren einzig und allein die indigenen Waren den harten Anforderungen im Wald gewachsen, während die europäischen Waren rasch unbrauchbar wurden.[89]

Tatsächlich existierte bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts ein internationaler Großhandel für indigene Kautschukprodukte aus Pará am westlichen Amazo-

---

85 John Esaias Warren, Para; or Scenes and Adventures on the Banks of the Amazon, New York 1851, S. 17.

86 Henry C. Pearson, The Rubber Country of the Amazon, New York 1911, S. 68.

87 William D. Geer, The Reign of Rubber, New York 1922, S. 9.

88 Charles Goodyear, Gum-Elastic and its varieties, with a detailed account of its applications and uses, and of the discovery of vulcanization, New Haven 1855, S. 23.

89 Wickham, On the Plantation, S. 30 u. 57.

nas,[90] der wohl nie aufgekommen wäre, wenn die Produkte nicht solide und stabil gewesen wären.[91]

Das Räucherungsverfahren war übrigens nicht die einzige indigene Problemlösung. Wie Hosler und ihre Kollegen in einer viel beachteten und 1999 veröffentlichten Untersuchung zeigten, wurde der von Castilla elastica (ein in Mittelamerika wachsender Baum, den bereits die Azteken und Maya nutzten) geerntete Latex mit dem Saft von Ipomoea alba, einer Sorte der bei uns als Zierpflanze beliebten Prunkwinde, versetzt, wodurch eine Koagulation, das Zusammenklumpen also des Latex herbeigeführt wurde, die Trennung des Gummis von der wässrigen Lösung, in der die Kügelchen zuvor schwammen. Zugleich wurden die elastischen Eigenschaften des entstehenden Kautschuks verbessert.[92] Doch diese mesoamerikanische Verarbeitungstechnik fand nur lokale Verbreitung. Im Gegensatz dazu war die amazonische Vulkanisation über dem Rauch von Schwelfeuern weitaus verbreiteter. Sie hat auch heute noch eine Bedeutung für die moderne Gummitechnologie – im Gegensatz zu der von Hosler untersuchten Technik.

Die Räucherung ist der Kern der indigenen Produktionstechnik; dieser Technik entspricht ein besonderes Know-how und auch ein Know-that. Das indigene Verfahren war wissensbasiert, denn es war nicht das Ergebnis einer angeborenen Instinkthandlung, sondern wurde, sei es durch Zufall, sei es durch gezielte Erforschung, entdeckt und dann von einer Generation auf die nächste durch Lehren und Lernen weitergegeben und auch gezielt weiterentwickelt. Mit diesem Verfahren gelang es, die wesentlichen Ziele jeder Kautschuktechnologie zu erreichen: Beständigkeit der geformten Objekte und gesteigerte Elastizität. Und dies, indem Prozesse und Rohstoffe genutzt wurden, die im Urwald verfügbar waren. Die indigene Kautschuktechnologie war damit eine optimale technische Problemlösung, abgestimmt auf eine spezifische Produktionsumgebung, da sie mit den vorhandenen Mitteln – Latex, Sand, Lehm und Feuer – ein Produkt hervorbrachte, das allen Anforderungen standhielt und im 18. und 19. Jahrhundert sogar ein wichtiger Posten im brasilianischen Außenhandel wurde. Heute noch würden die so gefertigten Waren exportiert, wenn nicht jenes alternative Verfahren der Stabilisierung

---

90 Schidrowitz/Dawson (Hrsg.), History of the Rubber Industry, S. XIII.

91 Ernesto Cruz, História da Associacao Comercial do Pará. Centenário de sua fundacao 1864–1964, Belém do Pará 1964, S. 81–83.

92 Hosler/ Burkett/Tarkanian, Prehistoric Polymers.

entdeckt worden wäre, das es Europäer:innen und Nordamerikaner:innen in ihrer spezifischen Umgebung erlaubt, eigene Waren zu erzeugen.

Der Stellenwert indigenen Wissens in der Geschichte des Kautschuks

Das indigene Wissen war für die Geschichte des Kautschuks in mindestens drei Dimensionen wichtig. Zunächst war das biogeografische Wissen, wo die latexführenden Pflanzen zu finden waren und wie sie am besten anzuzapfen waren, von Bedeutung. Zweitens waren das technologische Wissen und die technische Kreativität und Fantasie erheblich, die in die vielfältigen Kautschukprodukte investiert wurde, welche die indigenen Kulturen fertigten. Viele dieser Produkte wurden von der europäischen und nordamerikanischen Industrie übernommen, wie die Gummischuhe, die Gummitiere, die Gummiringe und Regenmäntel. Und schließlich war das chemische Wissen, wie der Latex zu behandeln war, wie er gegen die besonderen Neigungen des Materials, sein rasches Verderben durch Fäulnis, Hitze oder Sonneneinstrahlung geschützt werden konnte, von zentraler Bedeutung für die Kautschukgeschichte.

Mit der Erfindung u. a. der Vulkanisation emanzipierten sich die Europäer:innen und Nordamerikaner:innen vom indigenen Wissen und begannen mit dem Aufbau eigenen Kautschukwissens. Dennoch blieb das Räuchern als Vorbehandlung in Gebrauch und wurde auch durch verschiedene Maschinen technisiert.

Die Entwicklung eines autonomen europäisch-nordamerikanischen Kautschukwissens, das schließlich auch zur Entwicklung synthetischen Kautschuks führte, hatte starke Rückwirkungen auf die Indigenen, die seither nicht mehr als kenntnisreiche und kompetente Produzent:innen fertiger Waren auftraten. Sie waren nunmehr lediglich als Rohstoffbeschaffende wichtig und wurden damit in eine untergeordnete Rolle gedrängt. Nicht mehr die von ihrem Stoffwissen garantierte Qualität ihrer Produkte war relevant, sondern nur noch die Quantität des gelieferten Stoffes. Entsprechend wandelte sich auch die Behandlung der Indigenen und parallel dazu auch, wie wir gesehen haben, ihr Bild in der europäischen und amerikanischen Gummihis-

toriografie.[93] In diesen wird der indigene Kautschuk nur selten angemessen als wissensbasierte Technologie, sondern eben eher als ›Naturprodukt‹ von ›Naturvölkern‹ dargestellt. Diese Perspektive bedarf aber, wie dargestellt wurde, der Korrektur. Eine eurozentrische Wissenschaftsgeschichte, die sich lediglich auf wissenschaftliches Wissen konzentriert, läuft Gefahr, koloniale Mentalitäten und Sichtweisen zu verlängern und sich zur Kumpanin einer Form der Nutzung indigener Erfindungen zu machen, die an Respekt, Dank oder gar an Gegenleistungen kaum einen Gedanken verschwendet.

Die indigene Kautschuktechnologie ist nicht nur eine Kuriosität, sondern sie ist ganz im Gegenteil für die Geschichte des Gummis grundlegend. Sie ist effizient, konsistent und sie ist die wichtigste Erfindung in der gesamten Geschichte dieses Materials, von der alle weiteren Entwicklungspfade direkt oder indirekt abhängen. Denn ohne sie wäre dieses Material nie oder jedenfalls erst sehr viel später Thema europäischer oder amerikanischer Forschung und Produktion geworden. Die amerikanische und europäische Industrialisierung wäre anders verlaufen; wichtige Produkte wie das Fahrrad oder das Auto wären vermutlich bloße Randerscheinungen geblieben, weil sie ohne Gummireifen nicht hinreichend funktionieren können. Das in der indigenen Technik gespeicherte und in die indigenen Kautschukprodukte eingeschriebene Wissen zeugt von hoher Problemlösungskompetenz, insofern es mit Mitteln und Stoffen, die im Wald verfügbar waren, die Neigungen des Kautschuks, klebrig und brüchig zu werden, entscheidend zähmte und seine Eignungen in vielfältige Produktideen überführte.

So führt die Untersuchung des Kautschuks im Rahmen einer erweiterten Stoffgeschichte, die ihm auch über die Werkshallen und Labore hinaus folgt, bis in die Wälder und Dörfer, aus denen er ursprünglich kam, auch auf ein neues Arbeitsfeld der Wissenschaftsgeschichte. Die Chemie unter freiem Himmel; eine Chemie ohne Reagenzglas und Erlenmeyerkolben ist in ihren Praktiken und auch in den sie begleitenden Narrationen ein weitgehend unbekanntes Feld. Das nicht wissenschaftliche, indigene Wissen tritt ins Licht, wenn wir die traditionellen Bereiche der chemiegeschichtlichen Forschung – die Hörsäle, Journale, Lehrbücher und Labore – überschreiten. Jenseits dieser kulturellen

93 William Cronon, A Place for Stories: Nature, History and Narrative, in: Journal of American History 78:4, 1992, S. 1347–1376; Johannes G Pankau, Art. Erzählung, in: Gert Ueding (Hrsg.), Historisches Wörterbuch der Rhetorik, Bd. 2, Tübingen 1994, Sp. 1432–1438.

Räume beginnt nicht gleich die Natur, wie man meinen könnte, sondern es finden sich andere kulturelle Praktiken, andere Wissenssysteme, die in sich hochgradig interessant sind und mit dem wissenschaftlichen Wissen interagieren.

Eine so erweiterte stoffgeschichtliche Forschung fügt sich in die Trends der modernen historischen Forschung ein. Hier ist nicht nur an den Geltungsgewinn der Wissensgeschichte zu denken, bei der gerade auch transkultureller Wissenstransfer im Fokus steht, sondern auch an die derzeit in der westlichen Geschichtswissenschaft viel diskutierte Neubewertung der transnationalen und globalen Geschichte, die eine einseitige Darstellung, die nur Leistungen und Initiativen der Europäer:innen beachtet, überwinden will.[94]

---

94 Dipesh Chakrabarty, Provincializing Europe. Postcolonial Thought and Historical Difference, Princeton 2000; siehe auch Reinhardt Wendt, Vom Kolonialismus zur Globalisierung. Europa und die Welt seit 1500, Paderborn 2016, v. a. S. 11–21.

Die Grenzen der (Stoff-)Geschichtsschreibung
Chinarinde um 1800

Stefanie Gänger

Der Aufsatz versteht sich als Beitrag zu einer stoffhistorischen Untersuchung der Chinarinde – getrockneter, gemahlener Baumrinde aus dem südamerikanischen Andenraum, vorrangig aus den spanischen Vizekönigreichen Peru und Neugranada. Chinarinde fand im »langen« 18. Jahrhundert weltweit, insbesondere innerhalb der Atlantischen Welt, als Medikament gegen »Fieber« Anwendung – den Zeitgenoss:innen zufolge das »gewöhnlichste« und tödlichste Leiden der Zeit.[1] Chinarinde wurde bei »entzündlichem« Fieber, Nervenfieber, Gelbfieber, »Faulfieber« sowie insbesondere bei den – durch intermittierende Fieberschübe gekennzeichneten – »Wechselfiebern« eingesetzt.

Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt auf den zeitgenössischen Schwierigkeiten, die »Identität« der Rinde, d. h. ihre Materialeigenschaften und Gebrauchsweisen, festzuschreiben, sie als eigenen »Stoff« zu stabilisieren

1 Der Topos vom Fieber als der gewöhnlichsten, häufigsten und schwersten Krankheit der Zeit – bis in das 19. Jahrhundert bezeichnete der Begriff »Fieber« nicht ein generisches Krankheitssymptom, sondern eine eigenständige Krankheit – findet sich bei verschiedenen zeitgenössischen Autoren. Vgl. bspw. Johann Valentin Müller, Praktisch-Populäres Haus- und Handbuch die gewöhnlichsten Krankheiten zu heilen: Mit beigefügten auserlesenen Arzneiformeln für Wundärzte, Landchirurgen, Landgeistliche, Gutsherrschaften, verständige Pachter und denkende Leser aus allen Ständen, Frankfurt am Main 1796, S. 319; vgl. auch: William Buchan, Domestic medicine, or, A treatise on the prevention and cure of diseases by regimen and simple medicines, New York 1815, S. 114; Joeph Masdevall, Relación de las epidemias de calenturas pútridas y malignas, que en estos últimos años se han padecido en el Principado de Cataluña; y principalmente de la que se descubrió el año pasado de 1783 en la ciudad de Lérida, Llano de Urgel y otros muchos Corregimientos y Partidos, con el método felíz, pronto y seguro de curar semejantes enfermedades, Barcelona 1786, S. 10.

und von anderen Stoffen beziehungsweise Medikamenten abzugrenzen. Aufgrund der fortwährenden Entdeckung »neuer« Chinarinden und potenzieller Surrogate in den Weiten der sogenannten Neuen Welt, von Fälschungen sowie Schwierigkeiten mit der aufkommenden linnaeischen Taxonomie herrschte weder Einigkeit über die chemische Zusammensetzung der Rinde und die Natur ihrer fiebersenkenden »Kräfte«, noch über die Grenzen der Chinarindenbäume als botanischer Gattung.

In diesem Sinne prüft der Aufsatz die Sinnhaftigkeit verschiedener Begrifflichkeiten für Stofflichkeit in unterschiedlichen historischen Epochen sowie die Möglichkeiten und Grenzen einer Stoffgeschichte auf der Grundlage sowohl von schriftlichen als auch materiellen, historischen Quellen kritisch. Im Vordergrund steht die These, dass insbesondere die vorhandenen Schriftquellen – von pharmakologischen Traktaten bis zu Handelsregistern – weniger Rückschlüsse auf einen distinkten »Stoff« erlauben, als vielmehr Aufschluss über eine fluide, in ihren Konturen veränderliche historische Stoffkategorie geben, unter der sich ganz unterschiedliche Formen von Stofflichkeit finden lassen. Aufbauend auf den Befunden einer Reihe grundlegender »Stoffgeschichten«, die ebenfalls den Wandel ihrer Gegenstände über die Zeit in den Vordergrund gestellt haben,[2] wird am Beispiel der Chinarinde die Frage der historischen (In-)Stabilität von Substanzen erörtert.

Chinarinde in der Geschichte

Die Schwierigkeit, Chinarinde als Substanz oder Stoff zu stabilisieren – d. h., einen distinkten, eindeutig bestimmbaren Stoff an den Begriff Chinarinde zu binden – beginnt mit ihrer Ernte. Chinarindenbäume gediehen bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nur in ihrem natürlichen Habitat, an den östlichen Ausläufern der Andenkette hin zu den tropischen Amazonasgebieten. Die wichtigsten Erntegebiete lagen für über ein Jahrhundert, bis 1775, hauptsächlich im *corregimiento* von Loja, in der hispanoamerikanischen *audiencia* von Quito, wo Chinarindenbäume »wild *(silvestre)*«, in verstreuten Baumgruppen, an den rauen, zerklüfteten Berghängen der Anden wuchsen.[3] Die spanische

2 Vgl. bspw. Jakob Vogel, Ein schillerndes Kristall. Eine Wissensgeschichte des Salzes zwischen Früher Neuzeit und Moderne, Köln u. a. 2008, S. 8.

3 Testimonio de los Autos en que se comprehenden varios Informes y Diligencias practicadas en virtud de Real Cedula, sobre si sera, o no combeniente el Estanco de la Cascara

Krone hatte ein natürliches Monopol auf Chinarindenbäume, die »nur im Herrschaftsgebiet seiner Majestät wuchsen«.[4] Spätestens mit einer weltweit steigenden Nachfrage und den daraus resultierenden Preissteigerungen in den letzten Dekaden des 18. Jahrhunderts unterwanderte aber ein lebhafter Handel mit geschmuggelten Waren durch englische, französische und niederländische Korsaren diesen Anspruch, vor allem über die poröse Tiefland-Frontier des spanischen Kolonialreichs.[5] Zudem setzte eine durch kommerzielle Interessen motivierte, hektische Suche nach »Chinarinden« seitens der portugiesischen Krone in den angrenzenden brasilianischen Besitzungen ein, bei denen Chinarinden ähnliche Rinden in Maranhão, Pernambuco oder Rio de Janeiro von Kolonialbeamten, Botanikern und »indigenen« Informanten identifiziert, gesammelt und in Hospitälern »experiencias« unterzogen wurden.[6] Auch innerhalb des spanischen Kolonialreichs, wo die hohe Nachfrage und destruktive Einholungspraktiken bald zu einem dramatischen Rückgang der vulnerablen Bäume in Loja führten, wurde für kreolische Kolonialbeamte die Suche nach neuen Gebieten mit Beständen von Chinarindenbäumen notwendig. Ab 1775 erlangten die corregimientos von Cuenca und Riobamba, beide in der Quito audiencia, Bedeutung als Erntegebiete, bald darauf die Provinzen Huánuco und Piura im Vizekönigreich Peru und, während der

Quina, Santa Fé, 10.12.1777, Archivo Nacional de la Historia, Quito, Fondo General, Serie Cascarilla, Caja 1, Expediente 11, 26.

4 Informe de la Contaduría de 9 de Julio de 1774 y respuesta del Sor Fiscal de 30 de Agosto del mismo año, Madrid, 9.7.1774/30.8.1774, Archivo General de Indias, Sevilla, Indiferente 1554, 833–7.

5 Zum Handel mit geschmuggelten Waren vgl. u. a. Luz del Alba Moya, Auge y Crisis de la Cascarilla en la Audiencia de Quito, Siglo XVIII, Quito 1994, S. 33 u. 179.

6 D. José Luis de Castro, OFÍCIO do (vice-rei do Estado do Brasil), conde de Resende, ao (secretário de estado da Marinha e Ultramar), D. Rodrigo de Sousa Coutinho, Rio de Janeiro, 4.5.1798, Arquivo Histórico Ultramarino, Rio de Janeiro, 017 – RIO DE JANEIRO – CATÁLOGO DE DOCUMENTOS MANUSCRITOS AVULSOS/Cx. 165, D. 12275; Vicente Gomes da Silva, OFÍCIOS (14) de oficiais da marinha e comandantes de embarcações, ao (secretário de Estado dos Negócios da Marinha e Ultramar), visconde de Anadia, (D. João Rodrigues de Sá e Melo Meneses e Souto Maior), Rio de Janeiro, 4.2.1806, Arquivo Histórico Ultramarino, Lissabon, 076 – REINO RESGATE 20121023/Cx. 302-A, Pasta 5; Caetano Pinto de Miranda Montenegro, OFÍCIO do governador e capitão-general da capitania de Mato Grosso Caetano Pinto de Miranda Montenegro ao (secretário de estado da Marinha e Ultramar) Rodrigo de Sousa Coutinho, Vila Bela, 14.6.1798, Arquivo Histórico Ultramarino, 010 – MATO GROSSO – CATÁLOGO DE DOCUMENTOS MANUSCRITOS AVULSOS/Cx. 34, D. 1791.

letzten Jahre des 18. Jahrhunderts, Gebiete in der audiencia von Santa Fé im Vizekönigreich Neugranada.[7]

Die »neuen« Rinden aus Pernambuco, Cuenca oder Santa Fé unterschieden sich in Farbe, Form und chemischer Zusammensetzung von der Rinde aus Loja. Bald gab es leicht orangefarbene, weißliche, gelbliche und rötliche Rinden, Rinden mit glatter, rauer und »runzeliger« Oberfläche, und Rinden, die bei einer »chemischen Zergliederung« »harzige und gumminöse« und solche, die »erdige« Teile aufwiesen.[8] Neue Rinden wurden euphorisch aufgegriffen, nur um rasch wieder in Ungnade zu fallen oder für »falsch« befunden zu werden.[9] Die populäre und akademische Akzeptanz und Nomenklatur zog dabei beständig neue Grenzen – sowohl um die Substanz »Chinarinde«, der ähnliche Rinden bald zugerechnet und wieder abgesprochen wurden, als selbst auch innerhalb der Substanz. Ende des 18. Jahrhunderts unterschieden zeitgenössische Autoren wahlweise zwischen 2 und bis zu 22 Chinarindenarten.[10] Die aufkommende linnaeische Taxonomie, da europäische urbane Vertreter aufgrund der großen Distanzen und spanischen Reisebeschränkungen kaum je Zugang zu Chinarinden in vivo hatten, verschärfte die Verwirrung, anstatt sie aufzulösen. Carl von Linnés Klassifikation der cinchona officinalis – die man

---

7 Zu Loja vgl. Martine Petitjean/Yves Saint-Geours, La ecomomía de la cascarilla en el Corregimiento de Loja (Segunda mitad del siglo XVIII-Principios del siglo XIX), in: Revista Cultural del Banco Central del Ecuador 5:15, 1983, S. 15–49. Zu den Erntegebieten in Santa Fé vgl. Mauricio Nieto Olarte, Remedios para el imperio: historia natural y la apropiación del nuevo mundo, Bogotá 2000, S. 197–206; Manuel Salvador Vázquez, Las quinas del norte de Nueva Granada, in: José Jesús Hernández Palomo (Hrsg.), Enfermedad y muerte en América y Andalucía (siglos XVI-XX), Sevilla 2004, S. 403–425. Zu den peruanischen Erntegebieten vgl. bspw. Jaime Jaramillo Arango, Comercio y ciclos económicos regionales a fines del período colonial. Piura, 1770–1830, in: Scarlett O'Phelan Godoy (Hrsg.), El Perú en el siglo XVIII. La era borbónica, Lima 1999, S. 37–69.

8 Für den Versuch eines deutschsprachigen Autors, der Leserschaft einen Überblick zu verschaffen, vgl. Johan Andreas Murray, Johan Andreas Murray's Vorrath an einfachen, zubereiteten und gemischten Heilmitteln, zum Gebrauche praktischer Aerzte bearbeitet, 2. Aufl., 2 Bde., Bd. 1, hrsg. von Ludwig Christoph Althof, Göttingen 1793, S. 1112–1261.

9 Vgl. bspw. Manuel Salvador Vázquez, Mutis y las quinas del norte de Nueva Granada, in: Juan Riera Palmero (Hrsg.), Medicina y Quina en la España del siglo XVIII, Valladolid 1997, S. 47–55.

10 José Celestino Mutis ging von 7 Arten aus, von denen er aber nur 4 medizinische Eigenschaften zuschrieb. Josè Celestino Mutis, Instrucción formada por un facultativo existente por muchos años en el Perú, relativa de las especies y virtudes de la quina, Cádiz 1792; siehe auch Manuel Hernández de Gregorio (Hrsg.), El arcano de la quina. Discur-

zur Urchinarinde erklärte – fusionierte, ohne dass der Autor es bemerkte, zwei verschiedene Arten von Chinarinde.[11] Auf einer chemischen oder pharmazeutischen Ebene löste die portugiesische, französische und französische Erforschung von potenziellen Chinarinde-Surrogaten – begründet durch den Versuch, sich aus der Abhängigkeit von hispanoamerikanischen Chinarinde-Exporten zu befreien – die Identität der Rinde noch in anderer Weise auf. Die Rinde zerfiel um 1800 zunehmend in ihre bitteren, »antiseptischen« und »adstringierenden« (»zusammenziehenden«) Prinzipien, die man auch in möglichen Surrogaten – Tulpenbaumrinde, Rosskastanienrinde, Enzianwurzel oder Quassia – zu erkennen glaubte.[12]

Eine gewisse Brüchigkeit und Vieldeutigkeit kennzeichnen auch den Handel mit Chinarinde. Getrocknete Rinde unter der Bezeichnung Chinarinde – oder peruanische Rinde – wurde, das lässt sich anhand von Importstatistiken, Apothekeninventaren und Pharmakopöen nachzeichnen, in weiten Teilen Europas und in vielen europäischen Kolonien und Einflussbereichen in Westafrika, Südasien und den Amerikas ebenso wie auf von europäischen

so que contiene la parte médica de las cuatro especies de quinas oficinales, sus virtudes eminentes y su legítima preparación. Obra póstuma del doctor D. José Celestino Mutis, Director u Gefe de la espedición botánica de Santa Fé de Bogotá en el nuevo reyno de Granada, Madrid 1828. 1797 schrieb Aylmer B. Lambert über 11 Arten; 1821 ging er bereits von 22 aus. Aylmer Bourke Lambert, A description of the genus Cinchona, comprehending the various species of vegetables from which the Peruvian and other barks of a similar quality are taken. Illustrated by figures of all the species hitherto discovered. To which is prefixed Professor Vahl's dissertation on this genus, read before the Society of natural history at Copenhagen, London 1797; ders., An illustration of the genus Cinchona: Comprising Descriptions of all the Officinal Peruvian Barks, incl. Several New Species. Baron de Humboldt's Account of the Cinchona Forests of South America and Laubert's Memoir of the Different Species of Quinquina, London 1821. Ein Überblick über die Debatte findet sich bei Luis Alfredo Baratas Díaz/Joaquín Fernández Pérez, Conocimiento botánico de las especies de cinchona entre 1750 y 1850: Relevancia de la obra botánica española en América, in: Estudios de historia de las tecnicas, la arqueología industrial y las ciencias 2, 1998, S. 647–660.

11 Nieto Olarte, Remedios para el imperio; Baratas Díaz/Fernández Pérez, Conocimiento botánico de las especies de cinchona.

12 Vgl. bspw. Murray, Vorrath von einfachen, zubereiteten und gemischten Heilmitteln, Bd. 1, S. 1120; Séance du Mardi 30 Juin. La Société m'a chargé de porter sur ses plumitifs le résumé suivt. concernant les différentes especes de quinquina qui ont été soumises á son examen, Paris, 1789–06-30 1789, Bibliothèque de l'Académie nationale de médecine, Paris, Procès-verbaux des séances de la Société Royale de la Médicine, Ms 11/11, 286.

Kaufleuten frequentierten Märkten – in Kanton, Smyrna oder Nagasaki – verkauft. Chinarinde war an der Wende zum 19. Jahrhundert am Hofe des Sultans von Marokko ebenso populär wie auf jamaikanischen Plantagen und in französischen Haushalten.[13] Im Zuge dieses weitläufigen Handels und der zunehmenden Nachfrage nach der Rinde kam es vielfach zu »Betrügereien«, wie es der schwedische Arzt Johann Andreas Murray 1793 ausdrückte, welche einer Verfestigung der Identität der Chinarinde weiter im Wege standen. Um »mehr Gewinn aus dem Verkaufe dieser Rinde zu ziehen« schöben Erntearbeiter, Schmuggler und Zwischenhändler »der wahren« Chinarinde, so formuliert es Murray, »falsche« unter oder »fälsch[t]en« Chinarinde, indem sie »schlechte, unbrauchbare, Rinde mit einer wässrigen Auflösung von Aloe« tränkten, damit sie Chinarinde ähnelte.[14]

Der Transport über weite Strecken selbst führte zu einer weiteren, sehr greifbaren Form der Auflösung. Auf den immer längeren Handelswegen der Rinde kam es häufig zur Verwesung der Ladungen. Besonders wenn die Rinde noch feucht eingelagert wurde, erreichte sie Empfänger jenseits des südamerikanischen Raumes – davon zeugen Beschwerden aus Hamburg, Luanda oder Madrid – in durch Fäulnis und Schmutz verdorbenem Zustand.[15] Zeitgenössische Almanache und medizinische Handbücher erläuterten daher nicht nur die Anwendungsgebiete, Zubereitung und Dosierung von Chinarinde für Laien, sondern auch die Merkmale, an denen »echte«, unverdorbene Rinde in der Apotheke zu erkennen war: An dem »mehligen« Staub, der sich bildete, wenn man Stücke der Rinde zerbrach, so erläuterten es die Handbücher und Hausmedizinratgeber der Zeit dem Laienpublikum, an ihrem »schimmelartigen« Geruch und am »bitteren und etwas zusammenziehenden Geschmack«, wenn man sie kaute.[16] Zeitungen berichteten über »Rindenskandale«, warnten

---

13 Eine detaillierte Abhandlung zum Weltmarkt für Chinarinde findet sich bei Stefanie Gänger, A Singular Remedy. Cinchona Across the Atlantic World, 1751–1820, Cambridge 2020, S. 54–90.

14 Murray, Vorrath von einfachen, zubereiteten und gemischten Heilmitteln, Bd. 1, S. 1118.

15 Zu Klagen aus Madrid vgl. Joseph Diguja, El Excelentíssimo Señor Bailio Frey Don Julian de Arriaga, con fecha de siete de Mayo de este presente año, y de R. Orden, me previno, Quito, 20.12.1773, Archivo General de Indias, Indiferente 1554. Auch in Hamburg und Luanda beklagt man häufiger Rinde von »schlechterer Qualität«. Heinrich von Bergen, Versuch einer Monographie der China, Hamburg 1826, S. 277; Jose Pinto de Azeredo, Ensaios sobre algumas enfermidades d'Angola, Lisboa 1799, S. 65.

16 Buchan, Domestic medicine, S. 163 u. 1121; Murray, Vorrath von einfachen, zubereiteten und gemischten Heilmitteln, Bd. 1, S. 1121.

die Leserschaft vor »falschen« Rindenarten und erläuterten Maßnahmen, mit denen sich die Öffentlichkeit vor derartigen Betrügereien schützen konnte.[17] Gegen Ende des Betrachtungszeitraums wurden auch aus diesem Motiv heraus zunehmend fertige, patentierte Chinarindenpräparate verkauft. »Agua de Inglaterra« beherrschte etwa den portugiesischen, angolanischen und brasilianischen Markt; »George Brown's Concentrated Tincture of Yellow Peruvian Bark« war ein Klassiker auf dem britischen Markt. Die Hersteller machten sich die Angst vor verdorbener, »falscher« oder »schlechter Rinde« zunutze und vermarkteten ihre Produkte als besonders »haltbar«, »stabil« und von »garantierter« Qualität.[18]

Zeitgenössische Verabreichungspraktiken und Vorstellungen von den Ursachen von Fieber brachten eine weitere, materielle Auflösung und Zersetzung der historischen Substanz Chinarinde mit sich. Rezeptsammlungen, Almanache und Handbücher des späten 18. und 19. Jahrhunderts geben Aufschluss darüber, dass die behandelnden Ärzte oder Angehörigen den Fiebernden Chinarinde häufig zusammen mit oder unmittelbar nach der Gabe von Purgativa – Abführmitteln oder Brechmitteln wie Ipecacuanha,[19] Rhabarber[20] oder

17 Vgl. bspw. einen Pressebericht aus der Rezeptsammlung von Frau Myddleton: Receipts copied from Miss Myddleton's Book, August 15th, 1785. With many added receipts for remedies by various later hands, extracts, and pasted-in cuttings from newspapers, etc., n. p., c. 1785–1818, Wellcome Library, London, Closed stores WMS 4, Archives and manuscripts, MS.3656.

18 George Brown, The concentrated tincture of yellow Peruvian bark: prepared by George Brown, chemist, at no. 79, St. Paul's Church Yard: a certain cure for the intermittents, and very useful in all complaints which require large doses of the bark London, 1805, Wellcome Library, Drug Advertising: Pre-1850: Box 1, Med. ephemera, EPH381G. 19, 1. Für eine Studie zum »englischen Wasser« in Portugal vgl. José Pedro Sousa Dias, A água de Inglaterra: paludismo e terapêutica em Portugal no século XVIII, Lisboa 2012.

19 Vgl. etwa William Buchan, Wilhelm Buchans, practischen Arztes und Mitgliedes des K. Collegii der Aerzte zu Edinburgh, Haus-Arzneykunde, Altenburg 1792, S. 177; Pareceres de los médicos sobre los efectos de la Quina de Santa Fé, Madrid, 19.12.1784/18.12.1784, Archivo General de Palacio, Madrid, Caja 22283/Expediente 1, Papeles del Almacén de la Quina; John Theobald, Every Man His Own Physician. Being, a Complete Collection of Efficacious and Approved Remedies, for Every Disease Incident to the Human Body. With Plain Instructions for Their Common Use, 2. Aufl., London/Boston 1767, S. 2.

20 Neste Secretaria da Junta do Proto-Medicato da Repartiçao de Medicina se achaõ enformes que deram os Medicos d'esta Corte, e Provincias, relativamente a os Queitos a que se lhes mandou responder por Ordem da mesma Junta dos quaes o seu theor he o Seguinte, Lisboa, 17.4.1799/Tavira, 6.5.1799, Arquivo Nacional da Torre do Tombo, Lissa-

Brechweinstein – verabreichten, die überschüssige oder verdorbene Materie im Körper zur Ausscheidung bringen sollten.[21] Im Körper der Erkrankten wäre die Rinde also, kaum angekommen, oft weitgehend wieder ausgespült worden – in einem letztgültigen Akt der Destabilisierung und materiellen Dekomposition.

Im Zusammenspiel vermitteln die vorhandenen Schriftquellen der letzten Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts nicht das Bild eines distinkten, über die Zeit beständigen »Stoffs«, sondern das eines auf verschiedenen Ebenen fluiden, in seiner Weite und seinen Konturen veränderlichen Begriffs, unter dem sich sehr wahrscheinlich ganz unterschiedliche historische Substanzen fanden. Zeitgenössische chemische Traktate, Presseberichte und botanische Abhandlungen zeugen nicht von dem »Stoff« Chinarinde, sondern von einer Vielfalt an Stoffen, die für die Zeitgenoss:innen durch taxonomische Verschiebungen, Erweiterungen und Kontraktionen, durch Zerfalls- und Auflösungsprozesse sowie Vertauschungen und Ungewissheiten nur schwerlich zu greifen, begrifflich zu binden und zuzuordnen war.

Historizität und Historiografie

Chinarinde nimmt seit Jahrzehnten einen herausragenden Platz in einer »präsentistischen«, teleologischen Medizingeschichtsschreibung ein, die die Rinde als eine der Ideen, Substanzen und Ereignisse verzeichnet, welche die Medizin »den Geheimnissen von Krankheit und Gesundheit immer näherbrachten«.[22] Insbesondere vor dem Hintergrund der bis in die Gegenwart fortwährend hohen Mortalität und Morbidität durch Malaria, und aufgrund der Vorstellung, die Rinde sei durch ihren Chiningehalt seit jeher dagegen wirksam gewesen, feiern auch heute noch populäre, aber durchaus auch

bon, Maço 469/Caixa 585, Ministério do Reino/Negócios diversos do Físico-Mor, 4, 53; Ralph Irving, Experiments on the Red and Quill Peruvian Bark: with Observations on its History, Mode of Operation, and Uses, Edinburgh 1785, S. 173.

21 Porter beobachtet dieselbe Prozedur – the »standard recourse to purging [that would] evacuate the system and thus pave the way for the truly effectual medicine, cinchona«. Roy Porter, The Eighteenth Century, in: Lawrence I. Conrad u. a. (Hrsg.), The Western Medical Tradition, Cambridge 1995, S. 371–476, hier S. 422.

22 Morris J. Vogel, The Invention of the Modern Hospital. Boston 1870–1930, Chicago/London 1980, S. viii.

akademische Werke der Medizingeschichtsschreibung die Rinde als das Heilmittel, »das die meisten Leben in der Geschichte der Menschheit gerettet oder zumindest verbessert hat«,[23] und heroisieren seine Entdecker, frühen Fürsprecher und Pioniere: die Angehörigen des Jesuitenordens, die seine Wirkung vorgeblich als Erste erkannten, visionäre Ärzte und Apotheker wie Robert Talbor (1642–1681) oder Thomas Sydenham (1624–1689), die den weitverbreiteten Widerstand gegen die Rinde überwanden, und französische und preußische Naturforscher wie Charles-Marie de La Condamine (1701–1774), Joseph de Jussieu (1704–1779) oder Alexander von Humboldt (1769–1859), die »Sümpfen, […] gefährlichen Tieren und wilden Stromschnellen trotzten«, um Exemplare der Rinde und Beobachtungen von Chinarindenpflanzen aus ihrem natürlichen Lebensraum in die Alte Welt zu bringen.[24] Vielfach greift die Forschung auch Narrative über die ursprüngliche Entdeckung der Wirkkraft der Rinde durch die »Eingeborenen des Landes (les Naturels du pays)«[25] auf – ein Topos, der seit der Aufklärung, die in ihrer Hinwendung zu Empirie und nostalgischer Zivilisationskritik dem »einfachen«, naturnahen »Wilden« eine privilegierte Kenntnis der Medizinpflanzenwelt unterstellte,

---

23 Das Originalzitat lautet: »Given the wide geographic distribution of malaria, and the high rates of morbidity and mortality associated with the disease, historians have claimed it is the remedy that has spared, or at least ameliorated, the greatest number of lives in human history. Indeed, cinchona is one of the most enduring antimalarial substances ever discovered, and will probably continue to have benefits for the treatment of severe and drug-resistant malaria well into the 21st century«. Mark Honigsbaum/Merlin Willcox, Cinchona, in: Merlin Willcox u. a. (Hrsg.), Traditional Medicinal Plants and Malaria, Boca Raton 2004, S. 21–41, hier S. 21 f. Ein spanischsprachiges Beispiel einer Würdigung findet sich bei Plutarco Naranjo Vargas, Pedro Leiva y el secreto de la Quina, in: Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 15:6, 1979, S. 393–402.

24 Steven Lehrer, Explorers of the Body. Dramatic Breakthroughs in Medicine from Ancient Times to Modern Science, New York/Lincoln/Shanghai 2006, S. 239. Für weitere heroisierende Darstellungen vgl. Leonard Jan Bruce-Chwatt, Three Hundred and Fifty Years of the Peruvian Fever Bark, in: British Medical Journal 296:6635, 1988, S. 1486–1487; ders., Cinchona and Quinine: A Remarkable Anniversary, in: Interdisciplinary Science Review 15:1, 1990, S. 87–93; T. W. Keeble, A Cure for the Ague: the Contribution of Robert Talbor (1642–81), in: Journal of the Royal Society of Medicine 90:5, 1997, S. 285–290.

25 Für eine der ersten Versionen des Narratives, die in Europa weite Verbreitung fand, vgl. Charles-Marie de la Condamine, Sur l’arbre du quinquina, in: Mémoires de l’Academie Royale MDCCXL (1738 [1737]), S. 232.

zur Popularität der Rinde beitrug.[26] Auch in historischen Arbeiten, die von einer unkritisch-heroisierenden Rhetorik weit entfernt sind, ging man lange von der Annahme aus, die Rinde sei ein natürliches Heilmittel gegen Malaria gewesen.[27] Selbst wenn die historische Forschung die Wirksamkeit der Rinde bezweifelt, wird sie weitgehend auf ihre Anwendung bei Krankheiten reduziert, die man retrospektive als »Malaria« diagnostiziert. Viele der frühesten historischen Studien über die Rinde[28] sowie einige der prominenteren jüngeren Veröffentlichungen zur Chinarinde aus den Bereichen der Umwelt- und globalen Krankheitsgeschichte[29] finden sich im Kontext der Historiografie zu Malaria. Häufig werden in der Literatur die Begriffe Chinarinde und Chinin synonym verwendet oder der Begriff Chinin wird beiläufig auch auf die Zeit vor 1820 bezogen.[30] Ganz allgemein gilt die Rinde der historischen Forschung insbesondere des 20. Jahrhunderts als »Vorgänger« oder »Vorläufer« von

26 Vgl. bspw. Lisbet Koerner, Linnaeus. Nature and Nation, Cambridge, Mass./London 1999, S. 75–77. Zum Fortleben der Narrative vgl. Gänger, A Singular Remedy, S. 30–53.

27 Honigsbaum/Willcox, Cinchona, S. 21; Lucille H. Brockway, Science and Colonial Expansion, 2. Aufl., New Haven/London 2002 (1979), S. 103–09. Einige Historiker:innen sind hinsichtlich der Wirksamkeit von Chinarinde vorsichtiger als andere. Mary Dobson bezweifelt zwar nicht, dass die Rinde eine »wirksame« und »starke Droge zur Bekämpfung von Fieber« war, stellt aber ihre Wirkung teilweise auch infrage, da sie nicht weit genug verbreitet war und oft »verfälscht oder wahllos verwendet« wurde. Mary J. Dobson, Contours of Death and Disease in Early Modern England, Cambridge 1997, S. 316. Philip Curtin verweist in ähnlicher Weise auf Chinarinden, die »wenig oder gar keine der wirksamen Malaria-Alkaloide« enthielten. Philip D. Curtin, Death by Migration. Europe's Encounter with the Tropical World in the Nineteenth Century, Cambridge 1989, S. 63.

28 Vgl. insbesondere die frühen Veröffentlichungen von Alex Haggis und Jaime Jaramillo-Arango: Alex Haggis, Fundamental Errors in the Early History of Cinchona, in: Bulletin for the History of Medicine 10, 1941, S. 417–459; Jaime Jaramillo-Arango, A critical review of the basic facts in the history of Cinchona, in: Journal of the Linnaean Society 53, 1949, S. 272–311. S. auch Leonard Jan Bruce-Chwatt/Julian de Zulueta, The Rise and Fall of Malaria in Europe, Oxford 1980.

29 Vgl. bspw. Randall M. Packard, The Making of a Tropical Disease. A Short History of Malaria, Baltimore 2007, S. 92–196; James L.A. Webb, Humanity's Burden. A Global History of Malaria, Cambridge/New York 2009.

30 Vgl. bspw. José Luis Valverde, Evaluation of Latin American Materia Medica and its Influence on Therapeutics, Granada 2010.

Chinin – eine Wendung, die auf eine einflussreiche Studie von Saul Jarcho zurückgeht.[31]

Dabei entstand das spezifische Verständnis der Chinarinde, das in dieser neueren, präsentistischen Historiografie zugrunde gelegt wird, erst im 19. Jahrhundert. Ab 1811 wurden in einer Reihe von Experimenten in Lissabon, Paris und Jena aktive, pflanzliche »Prinzipien« – man sprach zunächst von alkaloiden Salzen oder Sulfaten – aus südamerikanischen Chinarinden extrahiert, die zunehmend statt der Rinde gegen Fieberkrankheiten angewandt wurden.[32] Die »Entdeckung« von Chinin im Jahre 1820, dem bald bekanntesten der »China-Alkaloide«, wird üblicherweise den französischen Chemikern Pierre-Joseph Pelletier und Joseph Caventou zugeschrieben, die ein Experiment des portugiesischen Schiffsarztes Bernardino António Gomes in leicht abgewandelter Form wiederholten, der bereits 1811 erstmals ein anderes Alkaloid, Cinchonin, isoliert hatte.[33] Mit der zunehmenden Auflösung der Kategorie »Fieber« ab den 1830er Jahren – bis dato war Fieber eine eigenständige Krankheitsentität mit unterschiedlichen Ausprägungen in der zeitgenössischen Nosologie gewesen[34] – und der Herauslösung einzelner Fieberkrankheiten wie Malaria, Typhus oder Gelbfieber wurden die China-Alkaloide bald spezifisch in der Behandlung von Malaria eingesetzt; diese Spezifität im Gebrauch setzte sich insbesondere nach 1891 durch, als Chemiker in St. Petersburg beobachteten, dass Chinin-Sulfate Malariaparasiten schädigten.[35] Vor allem Chinin nahm im späteren 19. und bis weit in das 20. Jahrhundert eine herausragende Rolle in der Behandlung und Prophylaxe

31 Saul Jarcho, Quinine's Predecessor. Francesco Torti and the Early History of Cinchona, Baltimore/London 1993.

32 Walter Sneader, Drug Discovery: The Evolution of Modern Medicines, Chichester u. a. 1985, S. 93 f.

33 Gomes veröffentlichte sein Experiment 1811/12 in Form eines Aufsatzes in der Zeitschrift der Lissabonner Akademie der Wissenschaften: ders., Ensaio sobre o Cinchonino, e sobre sua influencia na virtude a quina, e d'outras cascas, in: Memórias a Academia R. das Sciencias de Lisboa, 1812, S. 201–216. Zu den Debatten im lusophonen Sprachraum vgl. Vera Regina Beltrão Marques, Natureza em Boiões: medicinas e boticários no Brasil setecentista, Campinas 1999, S. 135.

34 Zum Bedeutungswandel des Fieberbegriffs vgl. grundlegend Volker Hess, Der wohltemperierte Mensch. Wissenschaft und Alltag des Fiebermessens (1850–1900), Frankfurt am Main/New York 2000.

35 Sneader, Drug Discovery, S. 93 f. Zur Geschichte des Fiebers als Krankheit und der Auflösung der Kategorie, vgl. Christopher Hamlin, More than hot. A Short History of Fever, Baltimore 2014.

von Malaria ein, die auch militärisch und politisch – etwa im Zusammenhang mit der britischen und französischen Expansion in Afrika oder während des Zweiten Weltkrieges – relevant werden sollte.[36]

Die Gleichsetzung von Chinarinde mit Chinin, die Reduktion der Rinden des 18. Jahrhunderts auf ihre Anwendung bei »Malaria« sowie die Annahme, sie seien dagegen »wirksam« gewesen, ist ein Anachronismus und aus vielen Gründen schwer haltbar. Es ist selbstverständlich nicht auszuschließen, dass zumindest einige der verschiedenen Rinden, die die Zeitgenoss:innen im 18. Jahrhundert unter der Bezeichnung Chinarinde konsumierten, tatsächlich, wie ihre heutigen Entsprechungen, China-Alkaloide enthalten haben.[37] Allerdings gibt es selbst für das 20. Jahrhundert kaum klinische Studien, die die Wirksamkeit von unverarbeiteter Rinde belegen.[38] Zudem wurden die Alkaloid-Gehalte von Chinarinden durch die Selektion bestimmter Arten, durch Hybridisierung und gezielte Züchtungen seit dem 19. Jahrhundert systematisch gesteigert, sodass historische und moderne Rinden vermutlich sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.[39] Unangemessen ist es darüber hinaus, die Rinde auf ihre Anwendung bei Wechselfiebern – geschweige denn bei Fieberkrankheiten, die trotz fehleranfälliger Diagnosen retrospektiv als Formen von Malaria identifiziert werden – zu reduzieren, da sie zumindest im 18. und frühen 19. Jahrhundert noch bei einer Reihe anderer Fieberkrankheiten eingesetzt wurde.[40] Gegen die Gleichsetzung von Chinarinde mit Chinin und die Suggestion ihrer Wirksamkeit spricht grundsätzlich auch die

36 S. Daniel R. Headrick, The Tools of Empire: Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century, New York 1981.

37 S. Jane Achan u. a., Quinine, an old anti-malarial drug in a modern world: role in the treatment of malaria, in: Malaria Journal 10:144, 2011, https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-144.

38 Die letzten umfassenden klinischen Versuche mit Chinarindenextrakten wurden in den 1930er Jahren durchgeführt: Philippe Rasoanaivo u. a., Whole Plant Extracts versus Single Compounds for the Treatment of Malaria: Synergy and Positive Interactions, in: Malaria Journal 10:1, 2011, https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-S1-S4.

39 Arjo Roersch van der Hoogte/Toine Pieters, Science in the service of colonial agro-industrialism: The case of cinchona cultivation in the Dutch and British East Indies, 1852–1900, in: Studies in History and Philosophy of Science 47, 2014, S. 12–22.

40 Über die Fallstricke retrospektiver Diagnostik in der Geschichte der Malaria vgl. Guenter B. Risse, New Medical Challenges during the Scottish Enlightenment, Amsterdam 2005, S. 173; Dobson, Contours of Death and Disease, S. 309–327. Über den Einsatz bei ganz unterschiedlichen Fieberkrankheiten und auch bei anderen Krankheiten vgl. Gänger, A Singular Remedy, S. 13–15.

Annahme gänzlich anderer therapeutischer »Erwartungshorizonte« in der Frühmoderne.[41]

Fraglich ist aber vor allem – und das ist der Kern der hier vorgebrachten Kritik –, ob sich die geschlossene Gleichsetzung der unter dem Begriff Chinarinde im 18. Jahrhundert gefassten Substanzen mit denjenigen der Gegenwart nicht weitgehend verbietet. Einerseits steht infrage, ob es sich bei den verabreichten Rinden des 18. Jahrhunderts in jedem Fall um Chinarinden nach heutigem botanischem und chemischem Verständnis gehandelt hat. Andererseits ist zu bedenken, dass Fäulnis, »Fälschung« und die übliche Beimischung von Purgativa jede »Wirkung« weitgehend verhindert hätten, auf die die Annahme der »Identität« mit modernen Äquivalenten abzielt. Hinzu kommt die offenkundige biologische Historizität der Pflanze an sich aufgrund selektiver Züchtung, die jedwede Gleichsetzung mit in der Moderne als Chinarinden bezeichneten Pflanzen zumindest in Zweifel zieht. Darin liegt vielleicht die größte Schwierigkeit mit Arbeiten, die Chinarinden der Vergangenheit und Chinarinden späterer Epochen gleichstellen: Die Vorstellung einer letztlich ahistorischen Substanz, eines über die Zeit in seiner Identität, seiner Wirkung und seinen Eigenschaften im Wesentlichen stabilen Stoffs, steht im Widerspruch zur offenkundigen Fragilität, Wandelbarkeit und Flüchtigkeit, die die Geschichte des Stoffes kennzeichnet.

Abschließende Überlegungen

Die Hartnäckigkeit der Vorstellung von der Stabilität und Ahistorizität von Stoffen mag in Teilen der Begrifflichkeit geschuldet sein. Die Termini »Stoff«, »Substanz« und »Materie« rufen Assoziationen von Homogenität, Beständigkeit und Wesentlichkeit hervor. Sie meinen »irreduzible«, gegebene und inerte Formen von Materie – wörtlich das, »was den Dingen zugrunde liegt«.[42]

---

41 Das Konzept des »Erwartungshorizontes« geht auf Reinhart Koselleck zurück; zur Anwendung in der Medizin vgl. bspw. Alfons Labisch, Stand und Perspektiven der Medizingeschichte in Deutschland, in: Medizinhistorisches Journal 37:3/4, 2002, S. 352–379, hier S. 364.

42 Howard Robinson, Substance, in: Edward N. Zalta (Hrsg.), Stanford Encyclopedia of Philosophy, Stanford 2014, https://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/substance/ [29.3.2023]. S. auch Andrew Sherratt, Introduction: Peculiar Substances, in: Jordan Goodman/Paul E. Lovejoy/Andrew Sherratt (Hrsg.), Consuming Habits. Drugs in History and Anthropology, London/New York 1995, S. 1–10.

Stoffe oder Substanzen sind selbstverständlich de facto historisierbar, d. h., sie sind das Produkt von dynamischen Prozessen wie Stoffwechselvorgängen oder sogar artefaktisch, also das Ergebnis menschlicher Erfindungsgabe; ihre Homogenität ist Fiktion.[43] Um etwas als Substanz bezeichnen zu können, darf diese Dynamik, Heterogenität und Komplexität nicht erkenntlich oder relevant sein; die Substanz ist in unserer Wahrnehmung homogen und distinkt, in ihrer Zusammensetzung – zumindest scheinbar – beständig, ahistorisch und zeitlos.

Die Vorstellung, hinter dem Quellenbegriff »Chinarinde« stünde eine irreduzible, beständige, mit späteren Chinarinden im Wesentlichen identische Substanz, ist hochgradig fraglich, wie die obenstehenden Ausführungen zeigen. Tatsächlich hatten die verschiedenen Rindenstücke, die die Zeitgenoss:innen des 18. und frühen 19. Jahrhunderts unter der Bezeichnung Chinarinde zu sich nahmen, wohl oft wenig mit dem gemein, was den Menschen des späteren 19. und 20. Jahrhunderts als Alkaloidquelle dienen sollte. Der Unterschied liegt einerseits in der gänzlich anderen Wahrnehmung und in den Wissensbeständen. Selbstverständlich hätte sich die chemische Komplexität der Substanz, die heute im Vordergrund steht – die Tatsache, dass sie natürliche Alkaloide liefert, von denen man annimmt, dass sie tiefgreifende Auswirkungen auf Menschen und andere Organismen haben –, den Menschen der Spätaufklärung nicht in dieser Form dargestellt; sie wäre für sie weder sichtbar noch relevant gewesen. Gegen jedwede Annahme von ahistorischer Identität – die *eine* Geschichte des *einen* Stoffs – spricht aber auch die materielle Instabilität und kategorische Offenheit und Fluidität der historischen Substanz. Alle Versuche im 18. und frühen 19. Jahrhundert, Chinarinde in ihrer »Identität« oder in ihren Materialeigenschaften zu stabilisieren, schlugen fehl. Die Rinde stellt sich uns als Historiker:innen, aber auch den Zeitgenoss:innen, als flüchtig, ambivalent und unbeständig dar. Sie war für die Menschen der Vergangenheit weder in einem physischen noch in einem übertragenen, chemischen oder klassifikatorischem Sinne greifbar. Taxonomische Unsicherheiten, variierende Zerfallsstadien oder »Fälschungen«, aber auch die Veränderlichkeit der Pflanze, verbieten jede Vorstellung von stofflicher Identität über die Zeit.

Die »falschen«, verwesten und ausgespülten Chinarinden der Vergangenheit verweisen letztlich auf die Grenzen der Aussagekraft schriftlicher

43 Theodore Schatzki, Nature and Technology in History, in: History and Theory 42:4, 2003, S. 82–93, hier S. 86.

Quellen. Zumindest für die Frühe Neuzeit und weite Teile des 19. Jahrhunderts lässt sich festhalten, dass Schriftquellen zuverlässige und bedeutsame Aussagen über die therapeutischen Anwendungsgebiete, die zeitgenössischen Wahrnehmungen und Darstellungen der historischen Kategorie Chinarinde erlauben. Sie geben Aufschluss über die körperlichen Ängste, Wissensbestände oder ökonomischen Begehrlichkeiten der Menschen in der Vergangenheit, an der Schnittstelle von Medizin-, Pharmazie- und globaler Wirtschaftsgeschichte. Was sie nicht erlauben, sind Rückschlüsse auf einen grundlegenden Stoff oder seine moderne Entsprechung. In begrenztem Maße könnte die Hinzuziehung materieller Zeugnisse – historischer Chinarindenproben, wie sie in europäischen und iberoamerikanischen Sammlungen zu finden sind – der Diagnose hilfreich sein. Unter Einbezug moderner naturwissenschaftlicher Expertise wären mutmaßlich Rückschlüsse möglich, zumindest was den Alkaloidgehalt historischer Proben, ihre »Echtheit« oder chemische Manipulation betrifft.[44] Dass man das Potenzial solcher Kooperationen bislang selten ausschöpft, liegt sicher auch daran, dass in einer kulturhistorisch sensibilisierten Medizin- und Wissenschaftsgeschichte selbst der »vorsichtigste Gebrauch der Naturwissenschaften« mit dem Vorwurf des Anachronistischen behaftet ist, wie Timothy LeCain, einer der Wegbereiter des New Materialism in den Geschichtswissenschaften, es kürzlich formuliert hat.[45] Wie in der modernen Geschichtswissenschaft im Allgemeinen sind es auch in der Stoffgeschichte unsere Quellen – Schriftquellen, aber auch die materiellen Überreste der vergangenen Wirklichkeit – die unserer Arbeit und den uns möglichen Aussagen Grenzen setzen. Auf ihrer Grundlage lässt sich für das 18. und frühe 19. Jahrhundert die Geschichte einer wandelbaren historischen Stoffkategorie schreiben, nicht aber die eines durch bestimmte, die Zeit überdauernde physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichneten »Stoffs«.

---

44 Es gibt Studien, die den Alkaloidgehalt historischer Chinarindenproben feststellen, allerdings vorrangig mit dem Ziel, die Effektivität historischer Methoden der Bestimmung von Alkaloidgehalten zu überprüfen. S. Nataly Allasi Canales, Historical chemical annotations of Cinchona bark collections are comparable to results from current day high-pressure liquid chromatography technologies, in: Journal of Ethnopharmacology 249, 2020, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31698039/ [29.3.2023].

45 Timothy LeCain, The Matter of History. How Things Create the Past, New York 2017, S. 195.

Stoffe mit Wirkung

Von Kräften und Tugenden in der vormodernen Pharmazie

Barbara Orland

> »Man wird Arzneimittel als diejenigen Stoffe, Zubereitungen und chemischen Präparate bezeichnen können, welche einerseits bestimmt sind, durch ihre selbsttätigen, nicht erst durch Menschen zu erregenden Eigenschaften auf organische Gebilde gesundheitsfördernden Einfluss zu nehmen, andererseits hergebrachtermaßen in Apotheken zubereitet oder doch gehandelt zu werden pflegen.«[1]

Die Unübersichtlichkeit der Märkte, mangelnde Kontrolle und auch Geheimnistuerei zwangen die Gesundheitsbehörden im 19. Jahrhundert immer wieder, den Arzneimittelmarkt zu regulieren und den Begriff des Arzneimittels zu definieren. Auf drei grundlegende Merkmale des Begriffes macht obiger Definitionsversuch aus dem Jahre 1901 aufmerksam: Erstens sind Arzneimittel Stoffe mit biologisch aktiven Eigenschaften, die diesen *von Natur aus* eigen sind. Zweitens, erwünschte Eigenschaften können auch durch entsprechende Zubereitung erzielt werden. In dem Fall ist das Arzneimittel nicht *natürlich*, sondern auf chemisch-pharmazeutischem Wege hergestellt. Drittens entfalten beide, natürliche und künstlich hergestellte Arzneien, ihre Wirkung nur im menschlichen Körper. Heilung, Linderung, Verhütung und Vorbeugung von Krankheiten und Beschwerden beruhen auf der Relation von biologischer Aktivität eines Stoffes und physiologischer Reaktion eines Organismus. Die auftretenden Wirkungen können verschiedener Art sein (metabolisch oder immunologisch) und sind abhängig von der Dosis und Arzneiform. Allgemein ist ihr

1 Verordnung betreffend den Verkehr mit Arzneimitteln vom 22. Oktober 1901, in: Deutsches Reichsgesetzblatt, Band 1901, Nr. 43, S. 380–390, zit. nach: Hubert Sonnenfeld, Die reichsrechtlichen Bestimmungen, betreffend den Handel mit Drogen und Giften, Berlin/Leipzig 1926, S. 22.

Zweck eine positive Einflussnahme auf die Lebensvorgänge und -funktionen im menschlichen Körper; eine negative Wirkung käme einer Vergiftung gleich.

Stoffgeschichtlich interessant ist dieses Wechselwirkungsprinzip von *actio* und *reactio* verschiedener Stoffe respektive Körper. Arzneimittel zählen damit zu jener Stoffklasse, die in der Einleitung zu diesem Band als Stoffe mit einem hohen Mass an Eigenaktivität bezeichnet wurden und deren Nutzung im steten Wechselspiel zwischen stofflichen »Neigungen« und anthropogenen »Eignungen« ausgetestet werden muss.[2] Heute verwendet die Pharmazie für diese Eigenaktivität durchgängig den Begriff »Wirkstoff«. Das heißt, sie geht davon aus, dass Arzneimittel in der Regel aus mehreren Stoffen zusammengesetzte und in verschiedenen Formen (Tropfen, Pillen etc.) verabreichte Mittel sind, deren Bestandteile nicht alle arzneilich wirksam sind. Die eigentliche Wirksubstanz ist in das Produkt eingearbeitet, wobei es sich um natürlich vorkommende Biomoleküle und -verbindungen handeln kann oder um teil- bzw. totalsynthetisch hergestellte Derivate. Bekannte Arzneistoffgruppen, wie etwa Antibiotika, Schmerzmittel oder Cholesterinsenker, enthalten zur Erläuterung ihrer Wirkung immer auch Angaben zur Indikation.

Begriff und Konzept des »Wirkstoffes« sind historisch betrachtet noch sehr jung, wie Heiko Stoff im nachfolgenden Aufsatz erläutert und in seinen Studien herausgearbeitet hat.[3] Im Gegensatz zu pharmaziehistorischen Standardwerken, die das Konzept des Wirkstoffes nicht hinterfragen,[4] kommt er auf Basis seiner vertieften Quellenanalyse im Bereich der Lebenswissenschaften um 1900 zu dem Ergebnis, dass der Begriff der Wirkstoffe zu dieser Zeit nur für die gerade erst entdeckten Hormone, Vitamine, Fermente bzw. Enzyme Verwendung fand. Keineswegs wurde er allgemein für Stoffe mit pharmakologischer Wirkung eingesetzt. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg, so stellt Stoff fest, begann man, von Wirkstoffen in eben diesem allgemeinen Sinne zu sprechen.

---

2 Vgl. Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 22, sowie die Einleitung in diesem Band.

3 Vgl. Heiko Stoff, Wirkstoffe. Eine Wissenschaftsgeschichte der Hormone, Vitamine und Enzyme, 1920–1970, Stuttgart 2012.

4 Eine der wenigen Ausnahmen ist Günther Stille, Der Weg der Arznei. Von der Materia Medica zur Pharmakologie, Karlsruhe 1994, S. 373–430. Allerdings behandelt der Autor die Zeit vor 1800 als unwissenschaftliche Empirie, die wenig valide Theorien hervorgebracht habe. Für das 18. Jahrhundert vgl. Andreas-Holger Maehle, Drugs on Trial. Experimental Pharmacology and Therapeutic Innovation in the Eighteenth Century, Amsterdam 1999.

Die junge Karriere dieses Begriffes, die laut Stoff maßgeblich durch die Biochemie der Reinstoffe und eine spezifisch neue Form der physiologischen Experimentalkultur geprägt wurde, lässt die Frage aufkommen, wie frühere Generationen ohne ein solches Konzept die Eigenschaften von medizinisch relevanten Substanzen erklärt haben. Wie haben Apotheker und andere Heilkundige die Wirkungen ihrer Zubereitungen gefunden, kommuniziert und stabilisiert? Im Folgenden möchte ich zeigen, dass die Rede von Wirkungen, Kräften und Tugenden von Arzneien keinesfalls neu ist, sondern vermutlich so alt wie die Suche nach hilfreichen Therapien. Neu ist lediglich die direkte Verknüpfung der Idee des Wirkvermögens mit einem klar definierten Stoff – dem Wirkstoff. Eine nicht unwesentliche Veränderung der epistemologischen Bedeutung beider Wörter – Stoff und Wirkung – ging damit einher. Frühere Generationen hatten kein Konzept von Wirkstoff. Sie fragten, »was tut ein Stoff«, und nicht »was ist ein Stoff«. Die *actio* eines Dinges oder einer Substanz, seine beobachtbaren Handlungen, dominierten jede Beschreibung von Medikamenten. Die moderne Reinstoffchemie argumentiert genau umgekehrt. Sie fragt, »welches ist die Substanz, die diese Wirkung erzeugt«. Sie extrahiert und isoliert (mittlerweile auf molekularer Ebene) so lange, bis genügend Daten und Fakten vorliegen, die die Definition einer standardisierbaren Zustandsbeschreibung erlauben.[5]

Verlässt man die heutzutage übliche Wirkstoff-Perspektive, dann treten stoffgeschichtlich relevante Denkfiguren in den Vordergrund, die Stoffen zwar alle möglichen Wirkungen zusprechen, aber keine definitiven Wirkstoffe kategorisieren. Historisch betrachtet kommen Kräfte, Eigenschaften, Tugenden und andere qualitative Begriffe zum Vorschein, die einer Perspektive der Stoffaktivitäten den Vorrang geben, anstatt simplifizierend von Stoffeigenschaften zu reden. Wie Heiko Stoff betont, ist die chemische Definition von Reinstoffen oder Molekülverbindungen sehr jung. Vorher gab es sehr viel mehr Relationen, die Stoffe mit wechselseitiger Einflussnahme eingehen konnten, und nicht nur die chemische Verbindung. Wie ich zeigen möchte, drückten Beziehungen dieser Art keine reinen Kausalbeziehungen aus. Vormoderne Stoffwirkungen benötigten einen gewissen Zeitraum, und sie konnten lokal unterschiedlich verlaufen. Temporale und räumliche Perspektiven müssen daher zur Erklärung historischer Wirkungskonzepte herangezogen werden.

5 Zu Problemen gegenwärtiger Wirkstoffforschung vgl. Klaus Angerer, Vermittlungsarbeit. Zur Untersuchung und Verwertung biologischer Materialien in der kommerziellen Naturstoffchemie, Baden-Baden 2021.

Statt auf faktische Stoffdefinitionen trifft man auf unscharfe Begrifflichkeiten, die Bewegungen, Prozesse und Übergänge thematisieren. Diese Perspektive drückt sich sehr deutlich in der antiken Vorstellung vom *pharmakon* aus.[6] Wir haben den Begriff von den Griechen geerbt. Platon nutzte dieses Wort. In seinen Dialogen konnte *pharmakon* ein Heilmittel wie auch ein Gift meinen, ein Rezept oder ein religiöses Ritual, eine soziale oder eine medizinische Katharsis, eine Droge oder eine Farbe. Mögen unsere modernen Definitionen verglichen damit klar und eindeutig sein, in einem entscheidenden Punkt weichen sie von den vormodernen Vorstellungen des Begriffes *pharmakon* ab: Platon fasste sowohl Gifte als auch Heilmittel darunter, weil für ihn das Wort ein Begriff des Wandels war. Was in diesem Moment giftig ist, kann im nächsten und unter anderen Umständen heilen. Jede Substanz hat das Vermögen (*dynameis*), in sich selbst oder in etwas anderem Veränderungen herbeizuführen oder zu ermöglichen. Ob das hierbei entstehende Neue eine negative oder eine positive Eigenschaft entfaltet, entscheidet sich erst im Prozess (Akt) der Verwirklichung. Vorher ist die Eigenschaft lediglich als Potenz existent. Bis heute ist das Kernproblem einer jeden therapeutischen Intervention, den Erfolg nicht sicher vorhersagen zu können. Bezogen auf Arzneimittel umschreibt der Begriff *Wirkung* daher auch, sich auf etwas Abwesendes, Unsichtbares oder zu Erwartendes vorzubereiten. Der Begriff gibt Handlungsorientierung. Man kann sich nicht nur auf etwas einstellen, sondern möglicherweise durch entsprechende Vorkehrungen darauf Einfluss nehmen.

In diesem Aufsatz geht es um die Geschichte von Wirkungen und nicht um Wirkstoffe. Über Jahrhunderte hinweg galt die Vorstellung, dass derselbe Stoff verschiedene Wirkungen erzielen oder seine Eigenschaften im Laufe der Zeit verändern kann. Alles in der Welt war in Bewegung, so auch jede Substanz. Diese vormoderne Stoffperspektive war unstrittig, um nicht zu sagen, die einzige vorhandene Möglichkeit, Stoffe zu beschreiben – jedenfalls so lange, bis sich die moderne chemisch-analytische Reinstoffperspektive ankündigte und schließlich durchsetzte. Verschiedenste medizinische Schulen, Galenismus, arabische Medizin, Alchemie, Paracelsismus, Chymiatrie, um nur eine sehr grobe Unterscheidung zu treffen, stritten um die Frage, was eine

6 Zur Etymologie des Begriffes *pharmakon* vgl. Jacques Derrida, Plato's Pharmacy, in: ders., Dissemination, aus dem Französischen übers. von Barbara Johnson, Chicago 1981, S. 61–172. Allgemeiner zur Rezeption des Begriffes Peter Dilg, Zum Begriff *pharmacia* im Mittelalter, in: Das Mittelalter 10:1, 2005, S. 103–115.

wirksame Arznei sei. Von der Konkurrenz dieser Systeme soll im Folgenden ausschnittartig und über eine lange Sattelzeit von rund drei Jahrhunderten, vom Ende des 16. bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, die Rede sein.

Die galenische Pharmakologie und das *materia medica*- Schrifttum

Pharmaziegeschichte hat es mit einer *l'histoire de la longue durée* zu tun, und eine historische Semantik des Begriffsfeldes Heilwirkung kann kaum auf präzise Epochengliederungen zurückgreifen. Einer Vielzahl von Schrifttypen stehen wenige große Leitlinien der Theorie gegenüber, die sich als galenische Pharmakologie über Jahrhunderte hinweg gehalten und nur wenig Veränderung erfahren hat.[7] Ähnlich vielgestaltig ist die Geschichte des Wortes Arznei, das vom mittelhochdeutschen »arzenie« abstammt und erst seit dem 12. Jahrhundert belegt ist.[8] Das altgriechische *pharmakon* war im Lateinischen als *pharmacia* bekannt, im Gebrauch war aber vor allem die Bezeichnung *materia medica*. Diese Wortschöpfung stammte ursprünglich von der lateinischen Übersetzung des Titels eines Werkes des griechischen Arztes Pedanios Dioskurides ab, der unter Kaiser Nero im 1. Jahrhundert nach der christlichen Zeitrechnung in Rom gelebt hatte. Es verweist auf Verzeichnisse, Beschreibungen und Glossare von Arzneimitteln aus den drei Naturreichen der Pflanzen, Tiere und Mineralien. Dieses Ordnungssystem der Arzneien, das die Dinge zusätzlich nach ihrer Wirkung gruppierte, hatte Pedanios Dioskurides für seine Sammlung von

---

7 Siehe allgemein zur Geschichte der galenischen Pharmakologie Paula S. De Vos, Compound Remedies. Galenic Pharmacy from the Ancient Mediterranean to New Spain, Pittsburgh, PA 2021; Petros Bouras-Vallianatos/Barbara Zipser (Hrsg.), Brill's Companion to the Reception of Galen, Leiden 2019; Maximilian Haars, Die allgemeinen Wirkungspotenziale der einfachen Arzneimittel bei Galen. Oreibasios, Collectiones medicae XV, Einleitung, Übersetzung und pharmazeutischer Kommentar, Stuttgart 2018; Rudolf Schmitz, Geschichte der Pharmazie, Bd. 1: Von den Anfängen bis zum Ausgang des Mittelalters, unter Mitarbeit von Franz-Josef Kuhlen, Eschborn 1998; Alain Touwaide, Therapeutic Strategies: Drugs, in: Mirko Grmek (Hrsg.), Western Medical Thought from Antiquity to the Middle Ages, Cambridge, MA 1998, S. 259–272; Regine Pötzsch (Hrsg.), La pharmacie au fil des siècles, übers. von Didier Coquet, Basel 1996; Michael McVaugh, The Development of Medieval Pharmaceutical Theory, in: Arnaldi de Villanova Opera Medica Omnia II. Aphorismi de Gradibus, Granada 1975, S. 1–136.

8 Vgl. Friedrich Kluge, Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, bearb. von Elmar Seebold, 24., durchges. und erw. Aufl., Berlin/New York 2002, S. 63, Stichwort: Arznei.

Arzneien gewählt, die unter dem Namen *Materia Medica* des Dioskurides eines der Standardwerke der Pharmazie wurde und bis weit in die Frühe Neuzeit hinein das pharmakologische Wissen der Spätantike vermittelte.[9] In fünf Büchern hatte Dioskurides eine Sammlung von sogenannten *simplicia* (einfache Arzneimittel) aufgelistet. *Simplicia* waren Arzneien, wie sie die Natur hervorgebracht hat. Schriftliche Sammlungen von teilweise aufwendig verarbeiteten Fertigpräparaten *(composita)* trugen Namen wie *Antidotarien* (Gegengifte/Gegenmittel) oder *Hiera* (heilige Mittel), die auf besondere Eigenschaften und Verwendungszwecke verwiesen, und ebenfalls seit der Antike über verschiedenste Rezeptionswege bis in die Frühe Neuzeit genutzt wurden.[10]

Dioskurides Werk, im ersten Jahrhundert nach der christlichen Zeitrechnung entstanden, erreichte bereits ein Jahrhundert später Handbuchcharakter und diente dem römischen Arzt Galen (129–199) als massgebliche Referenzquelle für die zu seiner Zeit bekannten Arzneimittel. Galen überarbeitete das Werk und ergänzte es durch ein umfangreiches pharmakotherapeutisches System, welches er insbesondere in der Schrift *De simplicium medicamentorum temperamentis et facultatibus* (»Über die Mischung und Wirkung der einfachen Heilmittel«) erläuterte.[11] Über die Jahrhunderte hinweg in griechischer, persischer, arabischer und dann in lateinischer Übersetzung weitergegeben, bildete dieser Text, neben dem Dioskurides, das Fundament,

9 Vgl. Dioskurides, Materia Medica, ins Deutsche übers. von Julius Berendes im Jahr 1902, digitalisiert von Dr. Alexander Vögtli (»Projekt Dioskurides« 1998); s. PharmaWiki: Dioskurides: Materia Medica (E-Text), https://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Dioskurides [29.3.2023]. Zur Rezeption des Dioskurides vgl. John M. Riddle, Dioscorides on Pharmacy and Medicine, Texas 1985. Eine quantitative Analyse der Rezeption bietet Paula De Vos, European materia medica in historical texts: Longevity of a tradition and implications for future use, in: Journal of Ethnopharmacology 132:1 (2010), S. 28–47.

10 Vgl. Nadine Metzger, Vom Geheimmittel zum Allgemeingut: Hiera-Rezepte im frühbyzantinischen Arzneischatz, in: Stephan Conermann/Harald Wolter-von dem Knesebeck/Miriam Quiering (Hrsg.), Geheimnis und Verborgenes im Mittelalter. Funktion, Wirkung und Spannungsfelder von okkultem Wissen, verborgenen Räumen und magischen Gegenständen, Berlin 2021, S. 603–622; Sarah Voinier/Guillaume Winter (Hrsg.), Poison et antidote dans l'Europe des XVIe et XVIIe siècles, Arras 2011.

11 Galens Werk bestand aus elf Büchern, von denen die ersten fünf in einer ziemlich komplizierten Weise die theoretischen Grundlagen der galenischen Pharmakologie ausbreiteten, während die weiteren Bücher die Eigenschaften einfacher Heilmittel (pflanzlich, mineralisch, tierisch) in alphabetischer Reihenfolge auflisteten. Vgl. Haars, Die allgemeinen Wirkungspotenziale.

auf dem die westliche Pharmakologie aufgebaut wurde. Hier fanden Autoren eine systematische Analyse der Eigenschaften von Pflanzen, Mineralien und tierischen Produkten und deren Auswirkungen auf den menschlichen Körper vor, welches sie für ihre eigene Theoriebildung über die Heilwirkungen der Arzneien nutzten.

Galen betonte ausdrücklich, dass die Heilwirkung der Substanzen nur unter Zuhilfenahme der hippokratischen und aristotelischen Theorien über die Natur und die Elemente sowie Hippokrates' Ideen über Mischungen verständlich würden. Seine Theorie verarbeitete mithin sehr viel ältere medizinische und naturphilosophische Autoren, deren Schriften aus dem vierten und fünften Jahrhundert vor der christlichen Zeitrechnung stammten.[12] Die hippokratischen Schriften, auf die sich Galen bezog, beschrieben Heilwirkungen in materiellen Begriffen und setzten sich damit von Heilern und Magiern ab, die Krankheit als göttliche Strafe behandelten.[13] Der Gesundheitszustand erklärte sich aus dem Vorhandensein oder Fehlen eines Materials, das entweder schädlich oder förderlich war. Heilwirkungen waren demgemäß nicht oder nicht nur metaphysische Phänomene, sondern buchstäblich stoffliche Aktionen, die durch das unmittelbare Eingreifen des Arztes (*chirurgia*) oder durch die Vermittlung von Pharmaka im Körper ausgelöst wurden. Im Laufe der Jahrhunderte entstand ein vielfältiges und variationsreiches Vokabular zur Beschreibung pharmakologischer Stoffaktionen. Als Beispiel kann eine frühmittelalterliche medizinische Handschrift dienen, das Arzneibuch von Ortolf von Baierland (um 1300).[14] Wenn der Autor von der Verabreichung von Medikamenten und deren Wirkung spricht, dann werden meist Verben verwendet. Getränke verflüssigen, führen ab, oder sind Brechmittel. Abführmassnahmen werden als »aufweichen«, »reinigen« oder »purgieren« bezeichnet. Ein Einlauf sowie die Klistierspritze sind »clister«, welche »eingegossen« werden, um etwas »auszutreiben«. Äusserlich angewandte Mittel »salben«, »schmieren«, »streichen«, werden »eingerieben« oder als Umschläge aufgelegt. Waschungen, Bäder oder auch Räucherungen sollen durch die Körperöffnungen wirken und

---

12 Vgl. zu den Quellen von Galen ebd., S. 14–21.

13 Vgl. Brooke Holmes, The Symptom and the Subject, Ptinceton 2010.

14 Alle Beispiele aus Ortrun Riha, Die deutsche medizinische Fachsprache des Mittelalters am Beispiel des Arzneibuchs Ortolfs von Baierland (um 1300), in: Jörg Riecke (Hrsg.), Sprachgeschichte und Medizingeschichte. Texte – Termini – Interpretationen, Boston 2017, S. 81–96.

beispielsweise »temperieren«. Ganz allgemein heißt therapeutisches Eingreifen »erczneien«: Das Verabreichen von Arznei ist die Therapie.

Auch mittelalterliche Kommentatoren der arabischen Medizin und Pharmakologie würdigten die galenischen Erklärungen, die auf Wirkungen von Materialien abzielten. Ein starker Handlungsgehalt der Aussagen findet sich daher auch in arabischen Arzneibüchern. Galens Ansatz, Substanzen, die den Ärzten zur Verfügung standen, zu ordnen und in ihren therapeutischen Eigenschaften theoretisch zu erklären, hatte Vorbildcharakter. Galen wurde deshalb neben Dioskurides, so die Altphilologin Iolanda Ventura, zur zweitwichtigsten Autorität der arabischen Pharmakologie.[15] Aber obwohl namentlich das große medizintheoretische Universalwerk der Frühen Neuzeit – der *canon medicinae* des arabischen Arztes Ibn Sina (um 980–1037) zu einem wichtigen Vermittler der galenischen Pharmakologie wurde,[16] so bedeutet dies nicht, dass die arabische Medizin keinen eigenständigen Beitrag zur Geschichte der Pharmazie leistete. Die arabische Pharmakologie war bereits weit fortgeschritten, als die Rezeption Galens einsetzte, arabische Ärzte verfügten über eigene Traditionen, die sie keineswegs aufgaben.[17] So präsentiert das zweite Buch von Avicennas *canon medicinae* nicht nur Galens Lehren, seine Überlegungen zur richtigen Beschaffenheit einfacher Heilmittel sowie der Methoden, die nötig sind, um die Eigenschaften der *simplicia* sowohl auf »experimentelle« als auch auf »rationale« Weise zu ermitteln und in Bezug auf ihre allgemeinen und spezifischen Wirkungen auf den menschlichen Körper zu beurteilen. Zugleich bietet das Buch eine große alphabetische Sammlung von Arzneien, von denen nicht wenige arabischen Ursprunges sind, d. h. Galen nicht bekannt waren.[18]

---

15 Iolanda Ventura, Galenic Pharmacology in the Middle Ages: Galen's *On the Capacities of Simple Drugs* and its Reception between the Sixth and Fourteenth Century, in: Petros Bouras-Vallianatos/Barbara Zipser (Hrsg.), Brill's Companion to the Reception of Galen, Leiden 2019, S. 393–433, hier S. 403.

16 In Europa war Ibn Sina, der von 980 bis 1037 gelebt hat, vor allem unter dem Namen Avicenna bekannt. Auf Basis einer Textvorlage des bedeutenden mittelalterlichen Übersetzers Gerhard von Cremona (1114–1187) existierten im 16. und 17. Jahrhundert mehrere, teils redigierte und erweiterte lateinische Übersetzungen des Canon. Zur Rezeption vgl. Nancy G. Siraisi, Avicenna in Renaissance Italy. The Canon and Medical Teaching in Italian Universities after 1500, Princeton, NJ 1987.

17 Zur Geschichte der arabischen Pharmakologie vgl. Zohar Amar/Efraim Lev, Arabian Drugs in Medieval Mediterranean Medicine, Edinburgh 2017; Leigh Chipman, The Reception of Galenic Pharmacology in the Arabic Tradition, in: Bouras-Vallianatos/Zipser (Hrsg.), Brill's Companion to the Reception of Galen, , S. 304–316.

18 Vgl. Siraisi, Avicenna in Renaissance Italy, S. 19–40.

Der Wissenstransfer der orientalischen Medizin nach Europa setzte im 11. Jahrhundert ein. So hatten etwa die Arbeiten von Constantinus Africanus (gest. 1098) einen großen Einfluss auf die arabische (und griechische) Medizin. Außerdem wurden im 13. und 14. Jahrhundert die galenischen Originalschriften wiederentdeckt, transkribiert und kommentiert. Im Ergebnis vermischten sich die verschiedenen Beiträge und wurden unter dem Label einer galenischen Pharmakologie weitergegeben. In den Worten von Ventura: »The ›original Galen‹ was overshadowed and eclipsed by the ›mediators‹ offering a *vulgata versio* of his theoretical background, but also the intellectual engagement with ›Galenic pharmacology‹ went far beyond the simple reading of *On the Capacities of Simple Drugs* and involved the reception and the use of several pharmacological sources depending on, or permeated by, Galenic thinking.«[19]

Galenische Arznei in der medizinischen Praxis

Dass die vielen, teils seit der Antike verwendeten Wörter für Drogen und Arzneimittel Vorstellungen und Erwartungen von konkreten Handlungen der Stoffe in Worte kleideten, bedeutete nicht, dass Ärzte in der Praxis keine klar abgrenzbaren Krankheiten und Behandlungsmittel unterschieden. Im Lebensprozess war zwar alles dynamisch, doch schloss dies die Beschreibung von fixen Zuständen nicht aus. Nur nahmen feste Begrifflichkeiten einen weitaus geringeren Stellenwert in der Theorie ein, als dies heutzutage der Fall ist. Denn anders als heute handelte es sich um Zustände, die von einem Moment zum anderen in ihr Gegenteil umschlagen konnten. Nach Galen war Gesundheit identisch mit dem Gleichgewicht der stofflichen Mischung, die er als *krasis* bezeichnete. Für den Begriff der *krasis* wurden in der arabischen Rezeption und in späteren lateinischen Übersetzungen Termini wie *commixtio*, *complexio* und im medizinischen Kontext auch *Temperament* synonym verwendet. Die *complexio* zeichnete jedes Lebewesen der drei Naturreiche als Individuum aus. Im Falle einer Krankheit geriet die individuelle Mischung aus dem Gleichgewicht.[20]

---

19 Ventura, Galenic Pharmacology, S. 426 (Hervorh. i. Orig.).

20 Vgl. Philip van der Eijk, Galen on the Assessment of Bodily Mixtures, in: Brooke Holmes/Klaus-Dieter Fischer (Hrsg.), The Frontiers of Ancient Science. Essays in Honor of Heinrich von Staden, Berlin 2015, S. 675–698.

Was in materieller Hinsicht unter Mischung zu verstehen war, hatte Galen aus der aristotelisch-hippokratischen Physik übernommen. In seinem Buch *Peri kraseōn* (lat. *De temperamentis* oder auch *De complexionibus*) schrieb er, dass das physische Material (physis, soma) aller pflanzlichen, tierischen oder menschlichen Lebewesen seine besondere Mischung und Konstitution aus der proportionalen Beziehung zwischen den elementaren Eigenschaften heiß, kalt, trocken und feucht entwickele.[21] Nach Aristoteles handelte es sich hierbei um ein dynamisches, sich stetig änderndes Kompositum von Stoff und Form, welches die besonderen Kräfte der dreigeteilten Seele aus den vier Elementen – Feuer (heiß und trocken), Wasser (kalt und feucht), Erde (kalt und trocken), Luft (warm und trocken) – bildete.[22] Lebewesen unterschieden sich von der unbelebten Natur durch eine Seele, die zwar den ganzen Körper umfasste, sich aber in drei spezifischen Funktionen und Operationen äußerte: Pflanzen, Tiere und Menschen verfügten über eine vegetative Seele (*anima vegetativa*), die sie befähigte, neue Substanz zu bilden (Zeugung), Wachstum zu ermöglichen (im Sinne einer Zunahme und Ausbreitung vorhandener Substanz nach Länge, Breite und Tiefe) und schließlich die Ernährung zu steuern (als Zugabe einer neuen Substanz zu einer schon früher entstandenen Substanz). Fortpflanzung, Wachstum und Ernährung galten als Fundament der beiden darauf aufbauenden Seelenteile. Das heißt, Tiere und Menschen zeichneten sich noch durch eine animalische Seele aus, die es ihnen erlaubte, sich zu bewegen, ihre Umwelt zu erspüren und ihre Sinne einzusetzen. Nur der Mensch schließlich war durch ein drittes Seelenteil, die Vernunftseele, zu intellektuellen Leistungen fähig.

Für Ärzte in der Renaissance, wie den einflussreichen Jean Fernel (1497–1558), war das Konzept der *complexio* weit mehr als eine abstrakte psychophysiologische Theorie: Die *complexio* war das zentrale Erkennungsmerkmal für die Diagnose unterschiedlicher Charaktere, aber auch Krankheiten. Die antiken Ärzte hatten die vier Elementarqualitäten in ein Viersäfteschema mit vier *chymoi* oder lat. *humores* (Körpersäfte) übertragen: Gelbe Galle (*cholera*, dem Element Feuer entsprechend), Schwarze Galle (*melancholia*, dem Element Erde entsprechend), Blut (*sanguis*, dem Element Luft entsprechend)

21 Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Peter Singer/Philip van der Eijk (Hrsg.), Galen. Works on Human Nature, Cambridge 2019, Book I: Meanings of the terms hot, cold, dry and wet in relation to bodily mixtures, S. 47–184.

22 Zu Aristoteles Konzept vgl. Jürgen Althoff, Warm und kalt, flüssig und fest bei Aristoteles. Die Elementarqualitäten in den zoologischen Schriften, Stuttgart 1992.

und Schleim (*phlegma*, dem Element Wasser entsprechend). Doch wurden diese *humores* nicht als faktische Säfte angesehen, die im Körper zirkulieren.[23] Jean Fernel sinnierte darüber, ob Blut eine Zwischenmischung einiger »phlegmatischer oder galliger oder melancholischer« Säfte sei, die schließlich die rote, blutige Substanz aufgebaut habe, die jeder kenne, oder ob Blut eine homogene Substanz sei, die sich in verschiedene Teile (Blutkuchen, Blutwasser) trenne, die der Arzt nach einer Blutentnahme beobachten könne. Grundsätzlich unterschied er bei Lebewesen drei verschiedene Materiezustände, die als coming-to-be Zustände zu verstehen seien: Erstens könne die einfache, unvermischte *membra* (bestehend aus den vier Elementen) fest, fleischig und spirituell sein (*solida, carnosa et spirituosa*). Die zweite, feste Substanz sei das *lineamentum* (Blatt), welches die Grundstruktur eines jeden Lebewesens sei. Diese Struktur sei von einer fleischigen Substanz umschlossen, die unterschiedliche Formen annehmen könne (von Muskelfasern bis hin zu Organen). Die dritte Form sei das Spirituelle (*spirituosa*), buchstäblich die Geister (*spiritus*), die als materielles Substrat der Seele physiologische Funktionen wie Bewegung, Wahrnehmung und Vorstellungskraft bewirkten. Der Begriff *humor* bezeichnete also sehr Verschiedenes, darunter Kräfte, die das menschliche Wahrnehmungsvermögen überstiegen und vom versierten Mediziner laut Fernel nur zu erklären waren, wenn er sich mit dem Ursprung und der steten Erneuerung der Körpersubstanz im Lebensprozess befasste.[24]

Die aus der *complexio* resultierenden Wirkvermögen, oder *facultates*, wie nach Galen diese Kräfte ins Lateinische übersetzt worden waren, stützten sich auf die Physiologie des Verdauungsprozesses.[25] Der Unterschied zwischen einem Nahrungsmittel und einem Medikament bestand darin, dass das Pharmakon nicht vollständig assimiliert wurde und damit in die Natur des zu ernährenden Körpers überging. Zwar wurden pharmakologisch wirksame Substanzen wie jedes Nahrungsmittel inkorporiert, jedoch wurden sie nicht wirklich verdaut. Innerlich verabreichte Medikamente trieben die schädlichen Ma-

23 John M. Forrester, The Physiologia of Jean Fernel (1567), Philadelphia 2003, Book 6: The Functions and Humors, S. 402–520.

24 Ebd., S. 451.

25 Mehr dazu bei Philip J. van der Eijk, Galen on the nature of human beings, in: Peter Adamson/Rotraud Hansberger/James Wilberding (Hrsg.), Philosophical Themes in Galen, London 2014, S. 89–134. Über dieses Thema aus Sicht der medizinischen Praxis vgl. Michael Stolberg, Learned Physicians and Everyday Medical Practice in the Renaissance, aus dem Deutschen übers. von Logan Kennedy und Leonhard Unglaub, Berlin/Boston 2022.

terien vor sich her und wurden mit diesen als unverdauliche Reste aus dem Körper ausgeschieden. Die in einem Körperteil stattfindende Veränderung beruhte mithin auf der Idee, dass die verschiedenen Arten des Übergangs mit Stufen des Verdauungsprozesses in Verbindung stehen.

Verdauung war dabei weit mehr als das, was im modernen Sinne darunter verstanden wird. Auch hier ist die Begriffsgeschichte erhellend. Der ursprünglich griechische Terminus *pepsis* oder *sympepsis*, den Aristoteles von den Hippokratikern übernommen hatte, wurde im Mittelalter zunächst mit *concoctio* übersetzt, bevor sich ab dem 16. Jahrhundert *digestio* durchsetzte.[26] In Buch IV 2 und 3 der *Meteorologica*, einem der seit der Wiederentdeckung der aristotelischen Schriften im 12. und 13. Jahrhundert einflussreichsten Texte der scholastischen Physik, beschrieb Aristoteles *concoctio* als einen aus sechs verschiedenen Stufen bestehenden »Reifungsprozess«, der durch die eigene Wärme eines Dings eingeleitet würde. Der Prozess der *concoctio* ermögliche es den Lebewesen, ihre eigentliche Form aus »entgegengesetzten, passiven Eigenschaften« der Materie zu erlangen. Die angeborene Wärme des Lebewesens war das Agens, das die Stoffumwandlungen der Materie in Gang setzte; seine Wirkung konnte verstärkt oder abgeschwächt werden, zum Beispiel durch ein heißes Bad oder Sonneneinstrahlung. In jedem Fall entstand aus einem Zustand, der bereits in Rohform existierte, etwas Neues, ebenso wie eine Regeneration des Bestehenden.[27]

Heutzutage benutzen die meisten Historiker:innen, die sich mit frühneuzeitlichen medizinischen Theorien befassen, die Begriffe *concoctio* und *digestio* als *Termini technici* für die Physiologie der menschlichen Verdauung oder sogar als Synonym für die Rolle des Magens bei der Verarbeitung der Nahrung.[28]

---

26 Vgl. Craig Martin, Scientific Terminology and the Effects of Humanism: Renaissance Translations of *Meteorologica* IV and the Commentary Tradition, in: Michàle Goyeris/Pieter de Leemans/An Smets (Hrsg.), Science Translated. Latin and Vernacular Translations of Scientific Treatises in Medieval Europe, Leuven 2008, S. 155–180. Mehr zur Meteorologica bei Martin Craig, Renaissance Meteorology. Pomponazzi to Descartes, Baltimore 2011; Ingemar Düring, Aristotle's Chemical Treatise. Meteorologica, Book 4, Göteborg 1944.

27 Mehr zum antiken Diskurs über *concoctio* bei Gad Freudenthal, Aristotle's Theory of Material Substance. Heat and Pneuma, Form and Soul, Oxford 1995; G. E. R. Lloyd, Aristotelian Explorations, Cambridge 1996, Kap. The Master Cook.

28 Vgl. z. B. Michael C. Schoenfeldt, Bodies and Selves in Early Modern England. Physiology and Inwardness in Spenser, Shakespeare, Herbert, and Milton, Cambridge 1999, S. 8–29.

In der Frühen Neuzeit wurden die Begriffe auf verschiedene Formen der durch Wärme hervorgerufenen Stoffumwandlung angewendet. Daher war Verdauung ein Konzept mit einer Vielzahl unterschiedlicher Bedeutungen, die sich auf jede Art von physikalischer Umwandlung von Materie bezogen, wie z. B. Anziehung, Kochung, Generation, Retention, Reifung, Assimilation, Scheidung und Ausstoßung.[29]

Diese und andere physikalischen Bewegungsbegriffe, wie etwa Schwerkraft, wollte Galen als Wirkkräfte (*facultates naturales*) verstanden wissen, wobei hier Kraft oder *virtus* nicht im modernen technischen Sinne zu verstehen ist. Vielmehr beruhte dies auf der Vorstellung, dass heiße (und damit leichte) Stoffe eine Aufwärtsbewegung zeigen, während kalte (und damit schwere) Stoffe eine Abwärtsbewegung bewirken. Die Parallelität von Handlung und Natur – *dynamis* und *physis* – machte es möglich, auf einen Ursache-Wirkung-Zusammenhang zu schließen. Dynamis war also keine Eigenschaft eines Medikamentes.[30] Tatsächlich sagt Galen nie, dass ein bestimmtes Pharmakon eine ihm innewohnende Dynamik besitzt. Wenn er in seiner Schrift *De purgantium medicamentorum facultate* etwa von Abführmitteln spricht, dann meinte er, dass bestimmte Substanzen an der Dynamik des Ausstoßungsprozesses teilhätten. Oder wenn Pharmaka die Auflösung von pathogenen Stoffen bewirkten, dann besäßen sie die Fähigkeit/Tugend zur Verflüssigung, was bedeutete, dass sie als Lösungsmittel die Form der Krankheitsmaterie so modifizierten, dass diese im Strom des Verdauungsprozesses mitgerissen werden könne.[31] Zwar lokalisierten frühneuzeitliche Galeniker Kräfte in gewissen Organen: Während die Blase Flüssigkeiten anziehe, präferiere der Magen die Anziehung von festen und erdigen Stoffen. Doch sei die Anzie-

---

29 Dass die galenischen Fakultäten in der medizinischen Praxis diskutiert wurden, erwähnt etwa der Arzt Helkiah Crooke, der schreibt, dass »the Physitians of old time have beene a great difference among themselves, whether the Guttes have onely an expulsive faculty, or all those foure which serve as Hand mayedes to Nourishment, the Drawing, Reteyning, Assimilating, and Expelling«. Ders., Mikrokosmographia: A Description of the Body of Man, Together with the Controversies and Figures Thereto Belonging/Collected and Translated Out of All the Best Authors of Anatomy, Especially Out of Gasper Bauhinus and Andreas Laurentius, London 1615, S. 161.

30 Vgl. Galen, On the Natural Faculties, hrsg. von Arthur John Brock, Cambridge, MA 1916.

31 Vgl. Haars, Die allgemeinen Wirkungspotenziale, S. 75–77.

hungskraft eine Entität, die aus verschiedenen Qualitäten entstehe, die erst durch das Aufeinandertreffen von Medikament und Organ erzeugt würden.

Die beteiligten Organe und Säfte, die Galen als »Dienerinnen der Verdauung« bezeichnete, vollführten physikalische Bewegungen, die an vier verschiedenen Wirkungen erkannt werden konnten: a) die Anziehungskraft, b) die Kraft zur Absonderung, Ausscheidung oder Ausstoßung von halb-fertigem, nicht brauchbarem oder giftigem Material, c) die Kraft zur Säftebildung (durch innere Wärme), Zuwachs (Agglutination), vollkommene Angleichung (Assimilation) und Anlagerung (Apposition) der Nahrung und d) die zurückhaltende Kraft (z. B. hält der Uterus die Frucht fest).[32] Diese Kräfte gingen entweder mit formbildenden Veränderungen einher, die ein bestimmtes *eidos* (= Wesen der Substanz) herbeiführte; oder aber sie äußerten sich in zerstörenden Veränderungen, die den Körper in seine Einzelteile und schließlich in seine *essentia* oder *ousia* zerlegten. Welche Art von Umwandlung vor sich ging, musste im Einzelfall geklärt werden.

Hierbei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass der Übergang zwischen Medikament und Nahrung (bis heute) fließend ist. Das Wort *Rezept* kann sowohl ein Kochrezept als auch eine ärztliche Verschreibung bezeichnen. Laut Galen hatten Ernährung und Medizin das gleiche Ziel, die Wiederherstellung einer ausgeglichenen *krasis* im Organismus.[33] Natürliche Körper befanden sich niemals in einem perfekten Zustand, sondern schwankten kontinuierlich mit einem gewissen Spielraum um einen Idealzustand herum, der zwischen Tod und absoluter Gesundheit oszillierte. Um derart variable Stufen von Bewegung und Entwicklung zu erfassen, brauchte es ein Vokabular, das ein Kontinuum von Qualitäten ausdrückte. Die Elementarqualitäten waren also keine abstrakten Größen, sondern mussten an beobachtbaren und sinnlich wahrnehmbaren Zeichen abgelesen werden, die anschließend in ein Klassifikationssystem übertragen werden konnten. Galen hatte neun verschiedene Arten körperlicher *krasis* unterschieden, eine »gute Mischung« (*eukrasia*), bei der sich die vier elementaren Eigenschaften im richtigen Verhältnis zueinander befanden, und acht »schlechte Mischungen« (*dyskrasiai*), bei denen eine

32 Galen, On the Natural Faculties, S. 30 f.

33 Die Diät (aus dem Griechischen entlehnt und als *diaeta* ins Lateinische übersetzt) nahm theoretisch wie praktisch eine zentrale Rolle in der vormodernen Medizin ein. Zur frühneuzeitlichen medizinischen Diätetik Siehe Ken Albala, Eating Right in the Renaissance. California Studies in Food and Culture, Berkeley 2002.

von beiden oder zwei Qualitäten im Übermaß vorhanden waren.[34] Besonders ausgefeilt waren in der Frühen Neuzeit jene Deskriptionen, die im Rahmen der Blutschau nach Aderlass oder Urinschau entstanden.[35] Sogenannte Harntraktate fassten das seit den Hippokratikern und Galen gesammelte Wissen zum unterschiedlichen Erscheinungsbild des menschlichen Harnes zusammen. Neben Geruch, Geschmack und Konsistenz spielte die Farbe des Urins eine entscheidende Rolle. Farbskalen sollten den Praktiker:innen eine Zuordnung des diagnostizierten Harnes zu bestimmten Krankheiten ermöglichen. Seit dem Mittelalter waren Skalen mit bis zu 20 verschiedenen Farbabstufungen üblich, die sich nicht nur mit Farbnamen (weiß, hellgrau, leicht- oder hochrot) begnügten, sondern oft auch noch Referenzobjekte benutzten, wie z. B. »grüne Urinfarbe wie Kohl«.[36] Aus diagnostischer Perspektive war es noch wichtiger, die diagnostizierten Farbtöne den bekannten *coctio*-Stadien zuzuordnen, denn daraus ließen sich Schlussfolgerungen auf den Zustand im Inneren des Patientenkörpers ziehen. Blasse Urinfarben etwa galten als Zeichen für eine mangelhafte *coctio* (*indigestione*), die durch zu viel Kälte im Körper hervorgerufen wurde.[37]

Doch nicht nur die medizinische Diagnostik, auch der Versuch, pharmazeutische Wirkungen zu evaluieren, hatte bereits im frühen Mittelalter Ärzte an den Universitäten dazu gebracht, über Präzisionsmethoden nachzudenken.[38] Arnaldus de Villanova (1240–1311) griff beispielsweise die Frage auf, ob *composita* ähnlich wie *simplicia* die Fähigkeit besäßen, als ganze Substanz zu verändern, oder ob es vielmehr die einzelnen Ingredienzien seien, denen eine Wirkung zukomme. Diskutiert wurde Galens Unterscheidung zwischen primären, sekundären und tertiären Qualitäten, ebenso wie das Problem, ob

34 Vgl. Elsa García Novo, Galen: On the Anomalous Dyskrasia (De inaequali intemperie), Translation and Commentary, Berlin 2012.

35 Zur Harnschau vgl. Michael Stolberg, Die Harnschau. Eine Kultur- und Alltagsgeschichte, Köln 2009; Stefanie Zaun/Hans Geisler, Die Harnfarbbezeichnungen im Fasciculus medicina und ihre italienischen und spanischen Übersetzungen, in: Ingrid Bennewitz/Andrea Schindler (Hrsg.), Farbe im Mittelalter. Materialität – Medialität – Semantik, Berlin 2011, S. 969–985.

36 Zaun/Geisler, Die Harnfarbbezeichnungen, S. 970.

37 Ebd., S. 975.

38 Vgl. Zum gesamten Abschnitt Fabrizio Bigotti, Gradus Dimetiri: intensity and classification of complexions in 14th-century Italian medicine, in: Annals of Science 79:4, 2022, S. 419–441, https://doi.org/10.1080/00033790.2022.2107702.

durch die Kombination von Medikament und Temperament neue substanzielle Eigenschaften entstehen könnten, die vorher nicht vorhanden waren. Solche hochtheoretischen Fragen waren für die medizinische Praxis von geringerer Relevanz. Um den Bedürfnissen der Praxis entgegenzukommen, nahmen ab dem 14. Jahrhundert Initiativen zu, graduelle Unterschiede der *complexiones* zu definieren. Medizinische Zustände in Intensitätsgraden zu betrachten, so der Wissenschaftshistoriker Fabrizio Bigotti, machte diese im Prinzip quantifizierbar. Ein Weg, die Intensität zu quantifizieren, bestand darin, sie auf eine allmähliche Änderung zwischen einem minimalen und einem maximalen Bewegungszustand zu reduzieren, dessen Abstände in Diagrammen räumlich dargestellt wurden. Eine andere Methode bestand darin, die Intensität als linearen Prozess zwischen zwei extremen Begriffen (heiß und kalt, oben und unten, schwer und leicht usw.) zu visualisieren.

Die Messung erfolgte mit der Hand, respektive den fünf Sinnen, um etwa die Veränderung der Hautfarbe der Patient:innen oder die Farbe und Konsistenz seines Urins, visuell und haptisch zu erfassen. Auch die Messung der Körpertemperatur war (bereits vor der Etablierung von Thermometern im 16. Jahrhundert) eine Methode zur Feststellung der qualitativen Stoffveränderungen. Da Wärme als das hauptsächliche Agens aller stofflichen Veränderungen angesehen wurde, und dem lebendigen Körper das *calidum innatum* (Lebenswärme) im Prozess der Zeugung eingepflanzt worden war, galten Wärme respektive Kälte als die wesentlichen spürbaren Erscheinungen eines gesunden oder kranken Körpers. Nur die Wärme (danach die Feuchtigkeit) war im Stande, Stoffe zusammenzufügen und festzumachen oder zu scheiden und aufzulösen; gewissermaßen als Reaktion auf die Kraft der Wärme zog sich die passive Kälte zurück. Medizinisch relevante stoffliche Veränderungen oder Übergänge drückten sich in der Qualität aus, zu der eine Substanz oder Körperteil tendierte, und nicht in der, vor der er zurückwich. Formulierungen wie, der Körper »wird heiß« oder »neigt zur Hitze«, waren entscheidende Beobachtungen im Heilungsprozess.[39] Sie drückten nicht nur den Abstand einer bestimmten Substanz vom perfekten Gleichgewicht ab, sondern auch die Wechselwirkungen zwischen den zu mischenden Substanzen. Heiße Arzneien beispielsweise gaben ihre Intensität bei Mischung mit kalten ab, wobei die Zugabe graduell verschieden war. Eine heiße Arznei geringeren Grades besagte, dass sie eine größere räumliche Distanz zur Mischungssubstanz hatte. Ihre Position inner-

39 Ebd., S. 433.

halb eines gewissen räumlichen Spielraumes, des *Latitudo*, zu errechnen, bedeutete, ihre spezifische Natur zu bestimmen.[40]

Pharmazeutische Praxis und Alchemie

Mit der Verbreitung und Kompilation von Dioskurides' Listen der *simplicia* und ihren pharmazeutischen Effekten waren im Laufe der Jahrhunderte viele visuelle Hilfsmittel sowie Erläuterungen zu Indikationen und Therapiezielen, Aufbereitungen, Darreichungsformen und Dosierungen entwickelt worden. Doch so wertvoll Bücher als Quelle praktischen Wissens waren, und selbst wenn sie mehr oder weniger naturgetreue Abbildungen der Heilpflanzen oder bunte Abbildungen von Farbskalen enthielten, den Praktiker:innen gaben sie nur begrenzte Möglichkeiten, die betreffenden Pflanzen zu erkennen und ihre Wirkungen einzuschätzen. Hinzu kam, dass seit der Antike eine ungebrochene Faszination für *composita* existierte, die wie etwa der berühmte Theriak aus 64 Zutaten bestanden, bei denen nicht eindeutig gesagt werden konnte, ob es die einzelne Zutat oder die Mischung war, die wirkte.[41] Und nicht zuletzt wurden Arzneistoffe in verschiedensten Formen, als Pulver, Salben oder Pillen, innerlich und äußerlich verabreicht. Technische Fertigkeiten waren in der Pharmazie unverzichtbar, und die Apotheke speiste sich aus verschiedenen Handwerkstraditionen. Damit tritt die Alchemie ins Blickfeld. Tatsächlich muss von einer lange währenden Nähe zwischen galenischer Tradition und Alchemie ausgegangen werden.[42]

Ähnlich wie in der galenischen Medizin, so existierte auch innerhalb der Alchemie eine theoretische und eine praktische Tradition nebeneinander. Die Texttradition drehte sich insbesondere um die Vorstellung von einem Stein der

---

40 Ebd, S. 421–422.

41 Zur Rezeption und Diskussion um den Theriak vgl. Véronique Boudon-Millot/Françoise Micheau (Hrsg.), La thériaque. Histoire d'un remède millénaire, Paris 2020.

42 Vgl. Jennifer M. Rampling, The Experimental Fire. Inventing English Alchemy, 1300–1700, Chicago/London, 2020; Lawrence Principe, Secrets of alchemy, Chicago 2013; William R. Newman, From Alchemy to Chymistry, in: Lorraine Daston/Katherine Park (Hrsg.), The Cambridge History of Science, Bd. 3: Early Modern Science, Cambridge 2006, S. 497–512; Bruce T. Moran, Distilling Knowledge. Alchemy, Chemistry, and the Scientific Revolution, Cambridge, MA 2005; McVaugh, The Development of Medieval Pharmaceutical Theory; ders., Chemical medicine in the medical writings of Arnau de Vilanova, in: Arxiu de textos catalans antics Nr. 23–24/2005, S. 239–267.

Weisen, der das Grundprinzip der Alchemie – die Transmutation – symbolisierte. Um die Herstellung des Steins der Weisen aus der Umwandlung von unedlen in edle Metalle zu erlernen, musste der Alchemist das schriftliche Erbe früherer Generationen prüfen und versuchen, ihre Rätsel zu lösen bzw. die verstreuten und allegorischen Andeutungen einer »richtigen Zubereitung« in die Praxis umzusetzen. Experimentieren im Laboratorium war entscheidend für diese Transmutations-Alchemie.[43] Zugleich bedeutete das Hantieren mit konkreten Stoffen bestimmte wirkende Prinzipien zu erkennen, die nach Aristoteles jedem Naturkörper in unterschiedlichen Ausprägungen zu eigen sind und nach Vorstellung der Alchemisten als Kräfte den sichtbaren Körpern entzogen werden konnten.[44] Dieser beseelte Kern einer jeden Substanz konnte nach Vorstellung der Alchemisten durch die Destillation herausgenommen werden. Der Begriff Weingeist oder auch *aqua vitae* etwa sprach von einem dem Stoff innewohnenden Geist (*spiritus*), der mittels Destillation zum Vorschein kommt.

Aus handwerklicher Sicht reichte das Spektrum angewandter Alchemie von der Metallurgie über die Münzwerkstätten bis hin zur Herstellung von Farben, Schießpulver, Porzellan, Glas oder Arzneien. Trotz dieses Kaleidoskops vieler praktischer Nutzungen standen Alchemisten seit dem 16. Jahrhundert oftmals unter Verdacht, allzu metaphysisch und geheimnistuerisch zu sein. Um sich von der Kunst der Goldherstellung (*chrysopoeia*) abzugrenzen, die unter dem unverhohlenen Misstrauen der Öffentlichkeit ausgeübt wurde, suchte man nach neuen Bezeichnungen für die Anwendung alchemistischer Operationen. *Chymia* oder *Chymie* war der Name, der sich um 1600 für jedwede experimentelle Beschäftigung mit Stoffwandlungen in der Natur durchsetzen sollte.[45] Aber erst im Verlauf der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts sollte sich die *Chymie* zu einer eigenständigen, auch an den Universitäten institutionalisierten Wissenschaft entwickeln. Bis dahin waren es nicht wenige Apotheker, die sich Laboratorien einrichteten, um chemische Experimente

43 Principe, The Secrets of Alchemy, S. 33.

44 Zur Philosophie alchemistischer Stofferkenntnis, vgl. Sabine Baier, Feuerphilosophen . Alchemie und das Streben nach dem Neuen, Zürich 2015.

45 Um den terminologischen Auseinandersetzungen der Epoche zu entgehen, haben William Newman und Lawrence Principe vorgeschlagen, den zeitgenössischen Begriff der »chymistry« oder »Chymie« zu verwenden. William R. Newman/Lawrence M. Principe, Alchemy vs. Chemistry: The Etymological Origins of a Historiographic Mistake, in: Early Science and Medicine 3:1, 1998, S. 32–65.

durchzuführen.[46] Gerade in der Apotheke gab es gute Gründe, warum die eigene Prüfung und Erfahrung mit echten Pflanzen, Erden oder animalischen Substanzen unverzichtbar war. Viele handwerkliche Arbeiten zielten darauf ab, konkrete Naturstoffe zu konservieren, um sie erst dann dem menschlichen Körper zuführen zu können, wenn dieser ihn benötigte. Fäulnis konnte zudem die Heilwirkung negativ beeinflussen, wie umgekehrt manche Zusätze (z. B. Süßstoffe) eine bittere Arznei erst genießbar machten. Ob man als Leibarzt, Hofapotheker oder privilegierter und zünftisch organisierter Stadtapotheker über ein Laboratorium verfügte, spielte keine Rolle. Es gab bis weit in das 18. Jahrhundert hinein keine festgelegten Ausbildungsgänge für den Erwerb chemischer Kenntnisse.[47] Außerdem gab es neben Apotheken, Material- und Gewürzhandlungen, Spezereien und Drogerien viele experimentierfreudige Heilmittelverkäufer ohne festes Ladenlokal, die wie Hebammen, Kräuterweiber, Theriakkrämer oder Heiler (Quacksalber) übers Land zogen und die Bevölkerung mit Arzneien nach ganz eigenen, nicht selten geheim gehaltenen Rezepturen versorgte.[48] Schließlich gab es die dezidierten Alchemisten und Destillierer, die sich eine solche Berufsbezeichnung zugelegt hatten, um auf

46 Zu Apothekerlaboratorien vgl. Ursula Klein, Die technowissenschaftlichen Laboratorien der Fraühen Neuzeit, in: NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 16:1, 2008, S. 5–38; dies., Apothecary-Chemists in Eighteenth-Century Germany, in: Lawrence M. Principe (Hrsg.), New Narratives in Eighteenth Century Chemistry, Dordrecht 2007, S. 97–137.

47 Die Literatur zu Handwerk und Wissenschaft hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Vgl. z. B. Barbara Orland, Zum Materialwissen von Pharmazie und Chemie im 18. Jahrhundert, in: Christoph Friedrich/Wolf-Dieter Müller-Jahncke (Hrsg.), Vom Handwerk zur Wissenschaft, Stuttgart 2019, S. 121–146; Lissa L. Roberts/Simon Werrett (Hrsg.), Compound Histories. Materials, Governance, and Production, 1760–1840, Leiden/Boston 2018; Ursula Klein, Nützliches Wissen. Die Erfindung der Technikwissenschaften, Göttingen 2016; Sven Dupré/Christoph Luthy (Hrsg.), Silent Messengers. The Circulation of Material Objects of Knowledge in the Early Modern Low Countries, Berlin/Münster 2011; Pamela O. Long, Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400–1600, Corvallis 2011; Ursula Klein/Emma Spary (Hrsg.), Materials and Expertise in Early Modern Europe: Between Market and Laboratory, Chicago/London 2010; Paula Findlen/Pamela H. Smith (Hrsg.), Merchants and Marvels. Commerce, Science, and Art in Early Modern Europe, London/New York 2002.

48 Vgl. Elaine Leong/Alisha Rankin, Testing Drugs and Trying Cures: Experiment and Medicine in Medieval and Early Modern Europe, in: Bulletin of the History of Medicine 91:2, 2017, S. 157–182; Elaine Leong/Alisha Rankin (Hrsg.), Secrets and Knowledge in Medicine and Science, 1500–1800. Farnham 2011.

die Anwendung alchemistischer Operationen für die Herstellung bestimmter Medikamente hinzuweisen.

So unübersichtlich wie die Akteursgruppen, so vielfältig waren die frühneuzeitlichen Zubereitungen von Arzneien. Arbeitstechniken und Instrumente belegen ebenfalls, dass zwischen der Galenik und der Alchemie mannigfache Wechselbeziehungen bestanden. Die galenische Tradition der Arzneiherstellung war zugegebenermassen älter als die medizinische Alchemie, die erst über die arabische Pharmazie im Frühmittelalter nach Europa gelangte. Auch unterschieden sich Galeniker von Alchemisten dadurch, dass sie eine breite Palette hauptsächlich pflanzlicher Substanzen bevorzugten, die sie im Allgemeinen auch keiner grossen Hitze aussetzten. Galeniker argumentierten, dass die Verwendung großer Hitze die Kräfte einer Substanz verändere und zerstöre. Die galenische Verarbeitung umfasste lediglich das Mahlen, Zerkleinern oder Zerdrücken der Pflanzenteile. Anschließend wurden sie gewaschen, um Verunreinigungen herauszufiltern, in Wasser, Wein, Essig oder in kochender Flüssigkeit (bei mäßiger Hitze) aufgequollen oder gesotten. Nach den vorbereitenden Arbeitsschritten wurden *simplicia* gegebenenfalls mit Honig, Ölen oder Wachs vermischt, um zusammengesetzte Salben, Pflaster, Pillen, Pastillen und Electuarien zu erzeugen.[49]

Gleichzeitig gab es bereits im Mittelalter anerkannte Autoritäten einer *Alchemia medica*.[50] Diese nutzten viele der grundlegenden Arbeitsprozesse der Alchemie lange bevor der Paracelsismus, der gemeinhin als Beginn einer medizinischen Chemie, Iatrochemie oder Chemiatrie angesehen wird, sich ab Mitte des 16. Jahrhunderts zu verbreiten begann.[51] Alchemistische Operationen überlebten zudem die Phase des Paracelsismus und fanden Eingang in die postparacelsische Chemie des 18. Jahrhunderts – das betraf verschiedenste Varianten der Destillation, aber auch Verfahren wie *fermentatio* (Gärungsprozesse), *coagulatio* (jede Art von Niederschlagsbildung, bei denen flüssige in feste Stoffe überführt werden), *liquefactio* (Verflüssigung), *solutio* (Auflösung), *sublimatio* (unmittelbare Verdampfung eines Feststoffes),

49 Vgl. Paula De Vos, From Herbs to Alchemy: The Introduction of Chemical Medicin to Mexican Pharmacies in the Seventeenth and Eighteenth Century, in: Journal of Spanish Cultural Studies 8:2, 2007, S. 135–168; Erika Hickel, Die Arzneimittel in der Geschichte. Trost und Täuschung – Heil und Handelsware, Nordhausen 2008.

50 Vgl. McVaugh, Chemical medicine.

51 Vgl. George Allen Debus, Chemistry and Medical Debate. Van Helmont to Boerhaave, Canton 2001.

putrefactio (Fäulnis) oder *digestio* (Auftrennung bei milder Wärme). Der Chemiehistoriker Hermann Schelenz geht in seiner *Geschichte der pharmazeutisch-chemischen Destilliergeräte* so weit, selbst einige von Dioskurides beschriebene Verfahren, z. B. zur Bereitung eines Weihrauchrußes, als Sublimation *avant la lettre* anzusehen.[52] Er weist darauf hin, dass viele aromatische Produkte, oder auch Salben, Pasten und Fettauszüge, die bereits in der Antike, mit Sicherheit aber in der persisch-islamischen Medizin bekannt waren, mittels Verfahren hergestellt wurden, die der Destillation ähneln, so etwa, wenn die »riechenden Bestandteile« von Pflanzen »mit Wein, in den allermeisten Fällen mit Öl in Glasgefässen an der Sonne digeriert, dann durchgeseiht und bis zur Honigdicke (und Verjagung der Feuchtigkeit) gekocht« wurden.[53] Unzweifelhaft ist, dass viele Gerätschaften, die seit der Antike für verschiedenste Prozesse der Stoffumwandlung genutzt wurden, Vorläufer derjenigen Instrumente waren, die in frühneuzeitlichen alchemistischen Laboratorien verwendet wurden.

Namhafte Vertreter der galenischen Medizin in der Renaissance zeigten zudem keinerlei Berührungsängste gegenüber einer Anwendung alchemistischer Operationen zur Herstellung effizienter Arzneien. Pietro Andrea Mattioli (1501–1577), ein bekannter italienischer Arzt, Übersetzer und Kommentator des Dioskurides sowie Verfasser eines Kräuterbuches, das nach seinem Tod, im Jahre 1586, erstmals in deutscher Übersetzung erschien, schrieb, dass mit der Destillierkunst der Alchemisten die »gebrannten Wasser« Einzug in die galenische Medizin gehalten hätten.[54] Auch wenn sie den Autoritäten Hippokrates und Galen nicht bekannt gewesen seien, so müsse der galenische Arzt

52 Hermann Schelenz, Zur Geschichte der pharmazeutisch-chemischen Destilliergeräte, Miltitz bei Leipzig 1911. Vgl. auch Sergius Kodera, The Art of the Distillation of »Spirits« as a Technological Model for Human Physiology. The Cases of Marsilio Ficino, Joseph Duchesne and Francis Bacon, in: Manfred Horstmanshoff/Helen King/Claus Zittel (Hrsg.), Blood, Sweat and Tears. The Changing Concepts of Physiology from Antiquity into Early Modern Europe, Leiden 2012, S. 139–170, hier S. 152.

53 Schelenz, Zur Geschichte der pharmazeutisch-chemischen Destilliergeräte, S. 17.

54 Pietro Andrea Mattioli, Kreutterbuch desz hochgelehrten vnnd weitberühmten Herrn D. Petri Andreae Matthioli, jetzt widerumb mit viel schönen neuwen Figuren, auch nützlichen Artzneyen, vnd andern guten stücken, auß sonderm fleiß gemehret, vnd verfertigt durch Ioachimum Camerarium, der löblichen Reichsstatt Nürmberg Medicum. D. Sampt dreyen wolgeordneten nützlichen Registern, der Kreutter Lateinische vnd Deutsche Namen, vnd dann die Artzeneyen, darzu dieselbigen zu gebrauchen, jnnhaltend, Franckfurt am Mayn 1586, S. 456–461.

diese Heilmittel doch sehr schätzen. Mattioli grenzte sich deutlich von den Alchemisten und ihren philosophisch motivierten Projekten ab, aber die alchemistische Technik der Destillation schien ihm von unschätzbarem Wert, weil sie doch auf einer ähnlichen Naturbetrachtung und Medikamentenherstellung beruhte, wie sie von den Galenikern praktiziert wurde. Alchemistische Operationen sollten ebenso wie galenische Methoden aus den Stoffen die Kraft herausziehen. Um die subtilsten Materien aus einer Pflanze zu ziehen, ihre Essenzen in konzentrierter Form zu gewinnen, musste das Rohmaterial lange gereinigt werden, und dafür schienen Mattioli Destillierapparate vorzüglich geeignet zu sein. Einige der Apparate, die er seinen Lesern vorstellte, würden zu diesem Zweck in italienischen Apotheken benutzt.

Für Mattioli war vor allem der Alkohol die bedeutendste Erfindung der Alchemie. Eine ganze Abteilung neuer Medikamente – die medizinischen Wässer – habe sich daraus entwickeln können, die die »krafft und tugendt [...] der kreutter/Blumen/oder ander materi/« in das Wasser abgeben. Zwar habe man auch vorher schon kräftige Gebräue aus Pflanzen hergestellt, nur seien diese sehr viel bitterer und widerwärtiger im Geschmack gewesen als die »lieblicheren« gebrannten Wasser.[55] Mattiolis Auffassung nach war es die angenehmere Erscheinung der Wasser, die zu einer Ausweitung der Nutzungen von Pflanzendestillaten geführt habe. Conrad Gessner (1516–1565), ebenfalls ein überzeugter Vertreter der hippokratisch-galenischen Schulmedizin und ein scharfer Kritiker der religiös-spiritualistischen Ansichten des Paracelsus, sah dies ähnlich. Zugleich verfolgte er noch einen anderen Zweck. Als Zürcher Stadtarzt und Enzyklopädist war er unermüdlich auf der Suche nach neuen Medikamenten und Ersatzstoffen für teure Apothekerwaren. Über die Arzneien der Paracelsisten schrieb er: »Natürlich bewundere ich ihre Medizin« (*medicamenta eorum sane admiror*). Mit der ausdrücklichen Absicht, Ärzten und Apothekern einen Dienst zu erweisen, tat er alles dafür, den Arzneischatz zu vergrößern.[56]

Dass die Destillation zu Beginn des 16. Jahrhunderts eine Basistechnologie der Apothekerkunst war, zeigen schließlich handwerkliche Lehrbücher wie Hieronymus Brunschwigs *Liber artes distillandi, von der Künst der Distillierung*, das erstmals 1500 erschien.[57] Brunschwig nennt eine Vielzahl von Verfahren

55 Ebd., S. 460.

56 Friedrich Dobler, Conrad Gessner als Pharmazeut, Diss. Naturwiss. ETH Zürich, Zürich 1955, S. XIII.

57 Hieronymus Brunschwig, Liber de arte Distillandi de Compositis. Das buch der waren Kunst zu distillieren die Composita und simplicia, und das Buch thesaurus pauperum,

für die Herstellung medizinischer Produkte. Da es im frühen 16. Jahrhundert noch keine Temperaturmessung im modernen Sinne gab, signalisierten die Verben, mit denen er die Prozesse beschrieb, den Lesern verschiedene Hitzegrade: brennen, sieden, quellen, digerieren usw. Die Sprache war sinnlich und brachte ein Wissen darüber zum Ausdruck, dass je nach eingesetztem Wärmegrad unterschiedliche Produkte entstehen. Der als Wundarzt tätige Brunschwig bestätigt, dass das Feuer und die Komplexität und Form der Destilliergefässe die zentralen Hilfsmittel der Alchemie waren, mit denen die »essentia« ausgezogen und abgeschieden werden sollte. Ein anderer Begriff für diesen Stoff von besonderer Feinheit, den die Alchimisten seit dem Mittelalter verwendeten, war Quintessenz. Als sogenannte »Tugend«, d. h. als Wirkungskraft höchster Potenz, sollte diese jedem lebendigen Stoff inhärent sein. Auch Gessner zitierte Raimundus Lullius (Ramon Lull, 1232–1316), der mit dem Begriff der Quintessenz »die allerhöchste, vortrefflichste, reinste und durchdringendste Materie« bezeichnet hatte. Die »Quinta essentia (erhalte) den Menschen jung, kräftige den Körper und heile allerlei Gebresten«. Andere Alchemisten hätten sie auch als ein »extractum subtilissime« betrachtet, »das unzerstörbar und sich, falls es lege artis hergestellt worden sei, durch seinen milden Geruch und angenehmen Geschmack auszeichne, was von den Patienten besonders geschätzt werde«.[58] Diese Vorstellung, derzufolge die Destillation ursächlich für eine medizinische Wirkung war, konnte sich lange erhalten, nicht zuletzt »[…] because of its fiery nature and its capacity to affect mind and body, the extracted liquor proved to be a potent ›spiritual‹ substance, so distillation confirmed the existence and the workings of medical spirits in the human body«.[59]

Ein schatz der armen gennant, Micarium, die brösamlin gefallen von den büchern der Artzny und durch Experiment von mir Iheronimo brunschwick uff geclubt und geoffenbart zu trost denen die es begeren, Strassburg 1512. Zu Brunschwig vgl. Auch Tillman Taape, Distilling Reliable Remedies: Hieronymus Brunschwig's Liber de Arte Distillandi (1500) Between Alchemical Learning and Craft Practice, in: Ambix 61:3, 2014, S. 236–256.

58 Dobler, Conrad Gessner, S. 9.

59 Kodera, The Art of the Distillation, S. 152.

Normierung des Wissens durch Verschriftlichung der stofflichen Praxis

Brunschwigs Destillierbuch beschrieb nicht nur Techniken und Instrumente. Er gab auch Rezepturen preis, mittels derer der Leser die empirisch beobachtbaren Wirkungen von Naturstoffen gegen bestimmte Krankheiten oder Beschwerden nachprüfen konnte. Rezepte sind eine besondere Quellengattung, die zeigen, dass Arzneimittelherstellung mehr als jede andere Art von Wissen, mit Ausnahme vielleicht der Metallurgie, eine Arbeit des Ausprobierens, Testens und Erforschens von Materialien ist. Heilmittelrezepturen verfügen daher über Spezifika, die einige Herausforderungen für die historische Stoffforschung bereithalten.[60]

Formal betrachtet handelt es sich bei Rezepten zwar um Handlungsanweisungen, die von einer in irgendeiner Weise heilkundigen Person für die eigene Erinnerung aufgeschrieben wurden oder an Personen gleichen Kenntnisstandes, an Fachpersonen einer nahen Disziplin (etwa Ärzte an Apotheker oder umgekehrt) oder von medizinischen Fachpersonen an Laien weitergegeben werden sollten. Dennoch sind Rezepte selten als Schritt-für-Schritt-Anweisungen vermittelt worden. Obwohl seit der Antike die medizinische Vorgehensweise von Diagnose, Therapie und Prognose etabliert war, gingen Autoren kaum jemals so vor, dass sie mit der Benennung (d. h. dem Name oder der Herkunft des Arzneimittels) begannen, anschließend Indikation, Zusammensetzung, Zubereitung der Arzneimittelform (Salbe, Tinktur, Pastille etc.) beschrieben, und schließlich mit der Anwendung (äußerlich oder oral, Häufigkeit, Zeitpunkt etc.) und Prognose endeten.[61] Rezeptbücher wurden

60 Rezepte als historische Quelle sind in den letzten Jahren vermehrt studiert worden. Vgl. Elaine Leong, Recipes and Everyday Knowledge. Medicine, Science, and the Household in Early Modern England, Chicago 2018; Elaine Leong/Alisha Rankin (Hrsg.), Secrets and Knowledge in Medicine and Science, 1500–1800, Farnham 2016; Michelle DiMeo/Sara Pennell (Hrsg.), Reading and Writing Recipe Books, 1550–1800, Manchester 2013; Rebecca Laroche, Medical Authority and Englishwomen's Herbal Texts, 1550–1650, Farnham 2009; Laurence M. V. Totelin, Hippocratic Recipes. Oral and Written Transmission of Pharmacological Knowledge in Fifth-and Fourth-Century Greece, Leiden/Boston 2009. Vgl. auch den Blog »Hypotheses. The Recipes Project«, https://recipes.hypotheses.org [29.3.2023].

61 Mehr dazu bei Sabine Vogt, »... er schrieb in Versen, und er tat recht daran«. Lehrdichtung im Urteil Galens, in: Thorsten Fögen (Hrsg.), Antike Fachtexte/Ancient Technical Texts, Berlin 2005, S. 51–78.

sehr verschieden gestaltet. Manche Aspekte der Arzneimittelherstellung, wie das Sammeln, Beschaffen, oder Bevorraten von Materialien verschiedenster Herkunft, wurden kaum thematisiert. Rezepturen gaben in der Regel nur die relevanten Details wieder, die nötig waren, um ein Rezept sachgerecht ausführen zu können. Riechen, schmecken, tasten und sehen gehörten zu den erwarteten Fähigkeiten, die nicht beschrieben wurden, ebenso wie das Beherrschen technischer Details, etwa beim fachgerechten Vermischen *(lege artis)* mehrerer Pulver oder das Kaltrühren einer Handcreme. Experimentieren in frühneuzeitlichen Apotheken folgte mehr den Notwendigkeiten und der Logik der Alltagspraxis als einem systematischen und wissenschaftlich motivierten Versuch. Die Wissenschaftshistorikerin Valentina Pugliano hat dies für italienische Apotheken des 16. Jahrhunderts treffend beschrieben: Apotheker seien nicht von der Suche nach radikal neuen Medikamenten angetrieben worden, sondern von einer »culture of tweaking«, das heißt von winzigen Änderungen an bestehenden Rezepten oder Modifikationen bisheriger Arbeitsweisen.[62] Das Studium historischer Rezepte hat angesichts solcher Ergebnisse in jüngster Zeit das Bedürfnis nach einer experimentellen Geschichtsschreibung aufkommen lassen. Weil so viele Zwischenschritte in den Rezepten nicht nachvollzogen werden können, plädierten etwa Tillman Tape und Pamela Smith für Methoden der historischen Rekonstruktion bzw. Reenactments von Rezeptwissen, damit die Leerstellen verständlicher würden.[63] Den sprichwörtlichen Widerstand des Materials, den jede Praktiker:in kennt, lernt der Lesende erst dann richtig kennen. Vor allem die körperliche

62 Valentina Pugliano, Pharmacy, Testing, and the Language of Truth in Renaissance Italy, in: Bulletin of the History of Medicine 91:2, 2017, S. 233–273.

63 Tillmann Taape/Pamela H. Smith, Schooling the Eye and Hand: Performative Methods of Research and Pedagogy in the Making and Knowing Project, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 43:3, 2020, S. 323–340. Obwohl bereits in einigen Feldern (v. a. in der Technikgeschichte) seit den 1980er Jahren betrieben, hat die experimentelle Wissenschaftsgeschichte erst durch den *Practical Turn* einen deutlichen Schub erhalten. Vgl. als jüngere Überblickswerke Olaf Breidbach u. a. (Hrsg.), Experimentelle Wissenschaftsgeschichte, München/Paderborn 2010; Hjalmar Fors/Lawrence M. Principe/H. Otto Sibum, From the Library to the Laboratory and Back Again: Experiment as a Tool for Historians of Science, in: Ambix 63:2, 2016, S. 85–97. Die Rekonstruktion von Experimenten und der Nachbildung von Instrumenten und Maschinen hat zugleich zur Einrichtung von Lernlabors an Universitäten geführt, wie etwa das »Making and Knowing Project« von Pamela H. Smith. Vgl. zu diesem Projekt dies., In the Workshop of History: Making, Writing, and Meaning, in: West 86th: A Journal of Decorative Arts, Design History, and Material Culture 19:1, 2012, S. 4–31.

Seite der Arbeit sowie der konkrete Umgang von Menschen mit Stoffen und Dingen wird anders wahrnehmbar, wenn man versucht, Rezepte zu studieren und zu rekonstruieren. Auch hat sich der Blick auf Exponate und Substanzen verändert, die in Museen gelagert sind.[64]

Rezepte sind jedoch nicht das einzige Beispiel für den frühneuzeitlichen Versuch, Praxiswissen in besonderen Formaten zu verschriftlichen. Obrigkeitliche Kontrolle der Praxis war ein weiteres Motiv, das pharmazeutische Praxiswissen in systematischer Weise zu dokumentieren – eine Tendenz, die durch den Buchdruck noch befördert wurde.[65] Die große Bedeutung, die der genauen Kenntnis der seit Jahrhunderten bekannten Heilpflanzen beigemessen wurde, gab den Praktiker:innen gegenüber studierten Ärzten einen unbestreitbaren Vorteil, der ein steter Grund für Auseinandersetzungen um die medizinische Autorität war. Seit Beginn des 16. Jahrhunderts veranlasste dies die Obrigkeiten – insbesondere in den Städten – dazu, Maßnahmen zu ergreifen, die das Arzneiwissen kontrollieren sollten. Beispielsweise forderte der Stadtrat von Florenz im Jahr 1498 eine Ärztekommission auf, die damals auf dem Markt befindlichen Rezepturen der von Apothekern hergestellten Arzneimittel zu überprüfen.[66] Als offizieller Grund wurde angegeben, dass viele Bürger:innen darüber geklagt hätten, durch auf dem Markt gekaufte Medikamente vergiftet worden zu sein. Apothekern wurde botanische Unwissenheit vorgeworfen – hauptsächlich mit der Begründung, dass sie nicht die richtigen Pflanzen verwenden würden. Die Ärztekommission sichtete die Rezepturen in den Apotheken, bewertete sie, wählte die zuverlässigsten und wirksamsten aus, schrieb sie nieder, veröffentlichte sie und versuchte

64 Am Pharmaziemuseum der Universität Basel haben Studierende der Geschichtswissenschaften und Pharmazie in mehreren Semestern experimentelle Methoden erprobt. Vgl. Barbara Orland/Byron Cowle Dowse (Hrsg.), Materialwissen: Experimentelle Geschichte am Pharmaziemuseum, ÆTHER 07, Zürich 2023, https://aether.ethz.ch/ausgabe/experimentelle-pharmaziegeschichte-im-museum [29.3.2023]. Vgl. außerdem die diversen Arbeiten von Christopher Duffin, Mitarbeiter am Natural History Museum in London, der sich auf geologische Sammlungen spezialisiert hat und deren Bedeutung für die Medizin untersucht. Christopher Duffin, Some Early Eighteenth Century Geological Materia Medica, in: ders. (Hrsg.), A History of Geology and Medicine, London 2013, S. 209–233.

65 Vgl. Mathew James Crawford/Joseph M. Gabriel (Hrsg.), Drugs on the Page: Pharmacopoeias and Healing Knowledge in the Early Modern Atlantic World, Pittsburgh 2019.

66 Alain Touwaide, Pharmacy, in: Albrecht Classen (Hrsg.), Handbook of Medieval Studies. Terms – Methods – Trends, Berlin 2010, S. 1058.

anschließend, ihre Einhaltung zu kontrollieren. Im Verlaufe der nächsten Jahrzehnte entstanden immer mehr offizielle Pharmakopöen (amtliche Arzneibücher), in denen das lokal anzuwendende Arzneiwissen kodifiziert und sukzessive kontrollierbar gemacht wurde.[67] Eine Tendenz zur Professionalisierung unterstützten auch die zur selben Zeit auftauchenden sogenannten Kräuterbücher und Botanika, die als »aneinandergereihte Pflanzenmonografien«[68] zu den ersten Beispielen einer neuen Literaturgattung gehörten, die eigene empirisch beobachtete »spezifische« Wirkungen auflisteten.[69] Neben Kräuter- sind hier ebenfalls Steinbücher zu nennen, gefolgt von den Spezialtiteln zu Fossilien oder einzelnen Tierarten.[70]

Chymische Medizin

Das ohnehin vielgestaltige Feld der Arzneimittelherstellung geriet allerdings durch Paracelsus (1493–1541) (eigentlich Philip von Hohenheim oder Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim) und seine Anhänger in Bewegung. Paracelsische Rezepturen, Medikamente und therapeutische Anweisungen brachten zwei wesentliche Neuerungen, die die Medizin gegen Ende des 16. und vor allem im 17. Jahrhundert in verschiedene Schulen spalten sollte. Zum einen stellten Paracelsus und seine Schüler und Anhänger die Lehren Galens ganz oder teilweise infrage. Zum anderen brachte Paracelsus neue Medikamente auf den Markt, die unter dem Namen »Spagyrik« bekannt wurden.[71]

67 Rudolf Schmitz, Geschichte der Pharmazie, Bd. 2: Von der Frühen Neuzeit bis zur Gegenwart, unter Mitarbeit von Christoph Friedrich/Wolf-Dieter Müller-Jahncke, Eschborn 2005, S. 196.

68 Mehr zu Kräuterbüchern und medizinischer Botanik in Mechthild Habermann, Deutsche Fachtexte der Frühen Neuzeit. Naturkundlich-medizinische Wissensvermittlung im Spannungsfeld von Latein und Volkssprache, Berlin/Boston 2001.

69 Das bekannte Kräuterbuch von Leonhard Fuchs, *De historia stirpium*, in der ersten Auflage 1542 publiziert, stellt mehr als 300 Pflanzen vor, erwähnt ihren griechischen, lateinischen und deutschen Namen, »anatomisiert« die Pflanzen und enthält grafische Abbildungen, die durch Angaben zum natürlichen Lebensraum, der Blütezeit sowie der jeweiligen Mischung der vier Qualitäten und Wirkkräfte ergänzt werden.

70 Vgl. Christoph Sander, Magnes. Der Magnetstein und der Magnetismus in den Wissenschaften der Frühen Neuzeit, Leiden/Boston 2020.

71 Siehe zu seiner Biografie Bruce T. Moran, Paracelsus. An Alchemical Life, London 2019.

Paracelsus baute auf den Kenntnissen der Alchemie auf. »Die Alchemie zieht sich wie ein roter Faden durch das gesamte medizinisch-naturphilosophische Werk des Paracelsus«, schreibt der Medizinhistoriker Urs Leo Gantenbein.[72] Ihm waren Rezepte der älteren Metallurgie, Pharmazie und technischen Chemie bekannt. Er hatte sich »das Einmaleins der technischen Alchemie« (Gantenbein) in seiner Lehr- und Wanderzeit angeeignet. Auch Paracelsus' Forderung, durch Auszüge und Kochungen die Wirkungsweise der Medikamente zu verstärken und bestimmte Substanzen »reiner« zu machen, ist sehr viel älter. Als stark von der Alchemie seiner Zeit beeinflusster Heiler entwickelte er eine Theorie der Stoffumwandlung, die sich deutlich von der galenischen Tradition unterschied. Der zutiefst religiöse Paracelsus griff die alchemistischen Ideen eines »reinen« Geistes in jeder Substanz (*quinta essentia*) auf und dramatisierte sie, indem er sie mit christlichen Narrativen aus dem Alten Testament (Genesis) überhöhte. Im paracelsischen Sinne bedeutete der Prozess des Aufschließens oder Scheidens der Materie, dass das innere Wesen, die von Gott gegebene Seele als das eigentlich wirksame Prinzip in der Natur zum Vorschein komme.[73] Damit wich Paracelsus in einigen Punkten erheblich von der galenischen Tradition ab. Im *Opus Paramirum*[74] behauptete er sogar, dass er durch die Scheidung das beobachten könne, was Gott ihm durch die Natur anzeige. Die Geschichte der Genesis deutete er so um, dass die Unteilbarkeit der vier Elemente infrage gestellt wurde (ohne ihre Existenz zu leugnen). Er erinnert daran, dass Gott zuerst den Himmel und die Erde geformt und sie dann geteilt habe, um Feuer in der Luft und Wasser auf der Erde zu erschaffen (später würden seine Schüler dies als die erste chemische

---

72 Urs Leo Gantenbein, Paracelsus und die Quellen seiner medizinischen Alchemie, in: Albrecht Classen (Hrsg.), Religion und Gesundheit. Der heilkundliche Diskurs im 16. Jahrhundert, Berlin/Boston 2011, S. 113–164, hier S. 113.

73 Statt antiker Autoritäten suchten Paracelsisten eine religiös inspirierte Neugierde an der Entdeckung der Natur zu befördern und Mittel und Wege zu finden, sich die Natur untertan zu machen. Ihre Lehren hatten Züge einer christlichen Heilslehre. Logik oder Mathematik, wie sie an den Universitäten gelehrt wurden, lehnten Paracelsus' Anhänger ab. Mehr dazu in The Chemical Promise. Experiment and Mysticism in the Chemical Philosophy, 1550–1800, selected Essays of Allen G. Debus, Sagamore Beach, MA 2006, S. 67.

74 Das *Opus paramirum* besteht aus fünf Büchern: In den ersten beiden wird die Lehre von den drei Prinzipien sal-merkur-sulphur in einem groß angelegten Szenario von Krankheit und Tod, Leben und Grund, den vier Elementen usw. ausgebreitet. Vgl. Andrew Weeks, Paracelsus (Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493–1541). Essential Theoretical Writings, Leiden 2008.

Operation in der Welt bezeichnen). Gott habe das Reine, d. h. das Wasser, vom *Caput mortuum*, der Erde, getrennt.

Im nächsten Schritt stützte er sich auf seine chemischen Experimente, um die drei für ihn wahrhaft elementaren Prinzipien zu benennen: Salz (das feste Prinzip), Schwefel (das feurig/flüchtige Prinzip) und Quecksilber (das flüssige Prinzip). Für Paracelsus waren die drei Prinzipien reale Substanzen – Salz war geschmackvoll und solide, Schwefel stand für entflammbare, ölige Substanzen, Quecksilber für die Spiritus (Geister).[75] Aber während die Prinzipien einerseits Substanzen waren, die im Labor isoliert werden konnten, waren sie andererseits die reinsten Essenzen der Natur, die zwar nicht isoliert werden konnten, deren Existenz aber am Materialzustand zu erkennen war. Wenn man etwa einen Zweig verbrennt, dann deuten die Dämpfe auf Quecksilber hin, die Flamme auf Schwefel und die dabei entstehende Asche auf Salz. Mit diesem doppelten Zugriff konnte Paracelsus den galenischen Begriff der Säfte (*humores*) insofern erweitern, als die süßen, bitteren, salzigen, sauren, oder geschmacklosen Säfte, die die Ärzte diagnostizierten, in die drei paracelsischen Prinzipien aufgelöst werden konnten. Das drückte der strenge Paracelsist, der deutsche Arzt Oswald Croll (1563–1609), in seiner *Basilica chymica* von 1608/09 in einer einfachen Vorstellung aus: Alle Mischungen von Elementen könnten in Prinzipien aufgelöst werden.[76]

Viele Chymisten des 17. Jahrhunderts übernahmen die paracelsische Prinzipienlehre und stellten sie den vier aristotelischen Elementen auf unterschiedliche Weise entgegen oder verbanden sie miteinander.[77] Daniel Sennert (1572–1637), Professor der Medizin in Wittenberg, wies in seinem Werk *Chymistry made easie and useful. Or, The agreement and disagreement of the chymists*

75 The Chemical Promise, selected Essays of Allen G. Debus, S. 69.

76 [Oswald Croll], Oswaldi Crollii Vett. Basilica chymica, oder, Alchymistisch königlich Kleÿnod. Ein philosophisch durch sein selbst eigne Erfahrung confirmirte und bestättigte Beschreibung und Gebrauch der aller fürtrefflichsten chimischen Artzneyen so auss dem Liecht der Gnaden und Natur genommen in sich begreiffent: beneben angehengtem seinem newen Tractat von den innerlichen Signaturn oder Zeichen der Dinge, Franckfurt am Mayn 1629, S. 19.

77 Vgl. zum Folgenden Elisabeth Moreau, Atoms, Mixture, and Temperament in Early Modern Medicine. The Alchemical and Mechanical Views of Sennert and Beeckman, in: Jonathan Barry/Fabrizio Bigotti (Hrsg.), Santorio Santori and the Emergence of Quantified Medicine, 1614–1790. Corpuscularianism, Technology and Experimentation, Cham 2022, S. 137–164.

and galenists (1619 zuerst in Latein erschienen) darauf hin, dass die Prinzipienlehre der paracelsischen Alchemie durchaus mit der galenischen Medizin und aristotelischen Naturphilosophie vereinbart werden könne. Dank der alchemistischen Kunst und unter Anerkennung der drei alchemistischen Prinzipien (Salz, Schwefel und Quecksilber) gelänge es, »flüchtige« Substanzen zu fixieren und auf diese Weise selbst starke Gifte und toxische Metalle wie Antimon, Quecksilber und Arsen in harmlose und dennoch wirksame Heilmittel umzuwandeln. In seinen Augen standen die paracelsischen Konzepte von Prinzipien und Scheidung bzw. Trennung keineswegs im Widerspruch zu den galenischen Begriffen der Mischung und des Temperamentes (*complexio*). Da Sennert von der parallel stattfindenden Wiederentdeckung des antiken Atomismus beeinflusst war und eine korpuskulare Materietheorie befürwortete, verschmolz er die galenischen Vorstellungen von Stoffmischungen mit dem alchemistischen Begriff der Auftrennung. Sennerts Ansicht nach korrespondierten die paracelsischen drei Prinzipien mit den Atomen des Demokrit: Die Vereinigung (*synkrisis*) und Trennung (*diakrisis*) der Prinzipien bewirke die Erzeugung aller Körper, deren Zustände sich in »feste« und »flüchtige« Substanzen unterscheiden ließen, so wie es mithilfe der alchemistischen Operationen nachgewiesen werden könne.

Sennert und andere einflussreiche Theoretiker des frühen 17. Jahrhunderts beförderten die chemische Forschung, die auf Basis der Drei-Prinzipien-Lehre alle Körper als Mischungen aufzutrennen suchte, und wandten sie auf die Medizin an.[78] Je weiter das Jahrhundert voranschritt, diese materietheoretischen Debatten andauerten und in ihrer Folge bislang unbekannte physiologische Theorien und Therapien einer Salz- und (Säure-)Medizin hervorbrachten,[79] umso mehr verschwanden auch die mystischen Aspekte der Lehren des Paracelsus. Der Paracelsismus hatte eine katalytische Funktion, insofern mit dieser Bewegung eine radikal andere Materietheorie populär wurde als die vorherrschende aristotelisch-galenische Qualitätenlehre. Zudem bereitete die Drei-Prinzipien-Lehre des Paracelsus den Boden für die korpuskulare chemische Philosophie des 17. Jahrhunderts, die in Robert Boyle

78 Evan R. Ragland, Making Physicians. Tradition, Teaching, and Trials at Leiden University, 1575–1639. Leiden 2022.

79 Vgl. Evan R. Ragland, Chymistry and Taste in the Seventeenth Century: Franciscus De le Boë Sylvius as a Chymical Physician between Galenism and Cartesianism, in: Ambix 59:1, 2012, S. 1–21.

(1626–1691) einen namhaften Experimentator fand, der die chemische Analyse auch für die Medizin als epistemisches Mittel unverzichtbar hielt.[80] Die Suche nach den Grundstoffen der Materie sowie ihren Verbindungen ließ einzelne Chemiker sogar so weit gehen, keine grundlegende Andersartigkeit der Stoffe der »drei Reiche« mehr anzuerkennen. Ob Pflanze, Tier oder Metall, die chemische Zergliederung sollte in allen Fällen auf dieselben Prinzipien zurückgeführt werden können. Diese Ansicht mündete schließlich im frühen 18. Jahrhundert in die Formulierung der Affinitätenlehre und wiederum ein halbes Jahrhundert später in die Entwicklung eines vollständig neuen Ordnungssystems der Elemente.[81]

Paracelsus hatte aufgrund seiner Kenntnisse der Alchemie im Bergbau, die er in Tirol kennengelernt hatte, eine ganze Reihe von Medikamenten aus dem Mineralreich in die Pharmazie eingeführt. Allen voran wurden Antimon (Spießglanz), Kobalt, Quecksilberpräparate und Zink mit dem Namen Paracelsus verbunden, doch es sind viele weitere Salze, Erden und Erze, aus denen er mit komplizierten chemischen Operationen Arzneien herstellte. Die oft mit geheimnisvollen Namen versehenen Präparate – Antimonbutter, *Mercurius vitae*, Gießbuckel – sollten wahre Wundermittel sein, die die Jugend wiederbringen, die Pflanzen erblühen lassen, und vieles mehr. Tatsächlich jedoch waren viele dieser Metallarzneien scharfe Ätzmittel mit erheblichen Nebenwirkungen für die Patient:innen, die schleichende Vergiftungen erzeugten.[82] Ungeachtet dessen wurde Quecksilber in den verschiedensten Varianten, die seine Toxizität bannen sollten, bis ins 20. Jahrhundert hinein zum wichtigsten Medikament gegen die Syphilis und andere Geschlechtskrankheiten.[83]

Zeitgleich mit den durch die Paracelsisten propagierten chemischen Heilmitteln trafen auch viele exotische Pflanzen und Arzneimittel aus der Neuen Welt auf den europäischen Märkten ein. Da deren Heilwirkungen völlig unbekannt waren, sofern nicht die Kenntnisse von fremden Völkern mitimportiert

80 Zu Boyles Verhältnis zur Medizin vgl. Antonio Clericuzio, From van Helmont to Boyle. A Study of the Transmission of Helmontian Chemical and Medical Theories in Seventeenth-Century England, in: The British Journal for the History of Science 26:3, 2003, S. 303–334.

81 Mehr dazu bei Ursula Klein/Wolfgang Lefèvre, Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology, Cambridge, MA 2007.

82 Rudolf Werner Soukup, Chemie in Österreich. Bergbau, Alchemie und frühe Chemie. Von den Anfängen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts, Wien 2007, S. 203.

83 Vgl. Flavio Häner/Michael Kessler, Lust, Leid & Wissen. Eine Geschichte der Syphilis und ihrer Therapie, Basel 2008.

wurden, beförderte dies zusätzlich die Experimentierbereitschaft in der Arzneimittelherstellung. Es lag nahe, die fremden ebenso wie die einheimischen Pflanzen einer chemischen Untersuchung zu unterziehen. Eines der bekanntesten Beispiele dieser neuen chemisch-analytischen Orientierung in der Arzneimittelherstellung bietet die Geschichte des schottischen Arztes William Withering (1741–1799).[84] Nachdem er 1775 nach seiner Meinung bezüglich der Heilwirkung eines Hausmittels einer kräuterkundigen Frau gefragt wurde, fand er heraus, dass als einzige aktive Substanz nur die Inhaltsstoffe des roten Fingerhutes infrage kommen konnten. Das Wirkprinzip wurde nach dem lateinischen Namen der Pflanze Digitalis genannt.

Neue Rohstoffe und chemische Methoden erzeugten im Verlaufe des 18. Jahrhunderts eine beeindruckende Vielfalt an neuen Medikamenten. Chemiatrische Rezepturen und Medikamente gehörten neben den *simplicia*, *composita* und *praeparata* zum festen Warenangebot einer Apotheke um 1700.[85] Handbücher, immer häufiger auch vom Lateinischen in eine der Volkssprachen übersetzt, gaben den Praktiker:innen klare Anweisungen zur Herstellung von chemischen Medikamenten und erklärten wortreich, warum diese wirkungsvoller sein sollten als die galenischen Vorläufer. Dass angesichts der Fülle neuer Produkte die Unterscheidung zwischen Galenik und *Chymia* immer unsinniger wurde, stellten Autoren im Verlaufe des 18. Jahrhunderts vermehrt fest. William Lewis (1708–1781) behauptete etwa, dass in Arzneibüchern ein und dieselbe Zubereitung mal als galenisch und ein anderes Mal als chemisch bezeichnet würde.[86] Destillierte Wässer und Spirituosen würden manchmal als galenische, in anderen Fällen als chemische Medikamente verhandelt. Zugleich fand er heraus, dass Extrakte der verschiedensten Art (ätherische Öle, volatile und feste Salze, metallische Präparate) zur chemischen Apotheke gehörten, während Pillen, Bolus (Erden), Pastillen, Kuren, Tränke, Salben, *Trochisci* (kleine gebackene Plätzchen), Umschläge oder Klistiere zum galenischen Angebot gerechnet würden, so als ob die Unterscheidung einzig und allein in der Arzneiform begründet sei und nichts mit der Art der Herstellung noch den Materialien zu tun habe, von denen man eine bestimmte Wirkung erwarte.

84 William Withering, An Account of the Foxglove, and Some of Its Medical Uses. With Practical Remarks on Dropsy, and Other Diseases, Birmingham 1785.

85 Vgl. Hickel, Die Arzneimittel in der Geschichte.

86 William Lewis, The new dispensatory. Containing, I. The elements of pharmacy. II. The materia medica […]. III. The preparations and compositions of the new London and Edinburgh pharmacopœias, Dublin 1778, S. 1 f.

Der Erfolg der Chymie machte die galenischen Präparate daher nicht überflüssig, sie ergänzten sich vielmehr. Doch wie sollten Apotheker und Ärzte die chemischen Präparate in ihrer Heilwirkung bewerten? Einer der ersten Ärzte, der sich diese Frage stellte und dessen Arbeit für Jahrzehnte als Referenzwerk herangezogen wurde, war der aus Gotha in Sachsen stammende Arzt Daniel Ludwig (1625–1680). Seine 1671 erstmals aufgelegte Abhandlung *De pharmacia, Moderno Seculo applicanda* beschrieb und bewertete eine große Zahl käuflicher Arzneien, die er nach der Herkunft *bolus armena* (armenische Erde), nach der Herstellung (z. B. Säuren), nach der Arzneiform (z. B. Balsame) und nach der Verwendung (z. B. *Diaphoretica,* harntreibende Mittel) unterschied.[87] Eine Trennung von galenischen und chymischen Mitteln war für ihn irrelevant, obwohl er chymische Präparate häufig als überbewertet ansah, so z. B. Präparate aus Gold. Für ihn als Arzt zählten die Beobachtungen und Erfahrungen aus der Praxis, und wie Georg Ernst Stahl (1659–1734) später anerkennend feststellte, habe sich Ludwig dabei »so klug aufzuführen gewusst, dass er sich niemanden zum Feinde gemachet« habe.[88]

Die Erfahrungen der medizinischen Praxis ernst zu nehmen, bedeutete nichts anderes, als dass Ärzte die Präparate nach den bekannten Eigenschaftskatalogen (erhitzend oder kühlend) selektierten und dasjenige Medikament auswählten, was ihnen persönlich im konkreten Fall hilfreich schien. Zwar gilt es unter Wissenschaftshistoriker:innen als unbestritten, dass sich die Chemie vor allem durch ihre Ambitionen der Stoffklassifikation seit dem frühen 18. Jahrhundert von ihrer Basis in verschiedenen Handwerken löste.[89] Neue Taxonomien (abgeleitet vom Griechischen *taxis* = Arrangieren/Ordnung schaffen), wie etwa die Gruppierung nach Affinitäten, sollten die in der Natur der Dinge verborgenen Wechselwirkungen in Beziehung setzen und klassifizieren. Doch gerade die Arbeit des Pioniers der chemischen Taxonomien Étienne François Geoffroy (1672–1731) zeigt die Praxisnähe dieser Aktivitäten. Bei den

87 Daniel Ludwig, De pharmacia, moderno seculo applicanda. Dissertationes III, Gothae 1671.

88 Georg Ernst Stahl, Materia Medica, Das ist: Zubereitung, Krafft und Würckung, Derer sonderlich durch Chymische Kunst erfundenen Artzneyen: Darinnen sowohl die fürnehmsten Gold-Silber-Stahl-Kupffer-Bley-Zinn-Mercurial-Artzneyen angeführet, als auch andere aus Mineralien genommene Mittel beygebracht, wie nicht weniger die besten Medicamenta aus den Vegetabilien und Thieren communiciret werden: Seiner Würdigkeit wegen aus dem Lateinischen ins Teutsche übersetzt, Bd. 1, Halle 1744, S. 19.

89 Vgl. Mi Gyung Kim, Affinity that Illusive Dream. A Genealogy of the Chemical Revolution, Cambridge, MA 2003.

Tafeln, die der ausgebildete Apotheker und praktizierende Arzt 1718 der Königlichen Akademie in Paris präsentierte, ging es nicht um Naturphilosophie, sondern um eine pragmatisch-nüchterne Darstellung der Stoffphänomene, die Geoffroy bei der Herstellung von *Materia medica* beobachtet hatte.[90] Denn, so lautete seine Einschätzung, wir können

> »nicht wissen, welches die Kräfte der Körper sind, und wie die der Natur nach verschiedenen Mixta sich zu dem Körper verhalten, wie sie entweder dessen Oekonomie in einem gleichen Zustand erhalten, oder die in Unordnung gebrachte wieder herstellen, oder auch sie in Unordnung setzen und vernichten, woferne nicht die Principia, woraus sie bestehen, und derselben Vermischung und Proportion gegen einander, als wovon die Stärke und Kraft der Mixtorum vornehmlich abhängt, erkannt werden«.[91]

Welches nun die »wahren Principia« aller Stoffe sind, das war jenseits theoretischer Erörterungen in erster Linie abhängig von den Produkten und Rückständen, die bei den verschiedenen Destillationsverfahren gewonnen wurden. Veränderungen an der Analysetechnik bewirkten Abweichungen in den Ergebnissen, die Anlass zur Debatte gaben. Erzeugte schon Paracelsus' Verwendung des Prinzipienbegriffes Konfusion unter seinen Rezipienten, so brachte auch der weitere Verlauf der chemischen Entwicklung keine Klarheit. Die Apothekerkunst erlebte einen spürbaren Wandel. Das Wissen um chemische Analysen und Substanzen gehörte zunehmend zum Kenntnisstand eines erfahrenen Apothekers, und Wohlhabenheit ließ sich an der Größe und Ausstattung des Laboratoriums ablesen.[92]

---

90 Vgl. z. B. Peter Dear, The Intelligibility of Nature. How Science Makes Sense of the World, Chicago 2006, S. 42 u. 43.

91 Étienne François Geoffroy, Stephan Franz Geoffroy, der Arzneygelahrheit Doctor, der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Paris, und der Königlichen Gesellschaft zu London Mitglied, wie auch Professor der Chemie in dem Königlichen Garten, und der Medicin in dem Königlich-französischen Collegio, Abhandlung von der MATERIA MEDICA, oder von der Kenntniss, der Kraft, der Wahl, und dem Gebrauch einfacher Arzneymittel, Leipzig 1760, Erster Theil, Bd. 1, S. 9.

92 Vgl. Klein, Die technowissenschaftlichen Laboratorien.

Schluss: Der lange Weg des chemischen Wirkstoffes

Trotz ihres wachsenden Einflusses war die medizinische Chemie des 18. Jahrhunderts noch weit entfernt von einer Reinstoffperspektive, wie sie dem heutigen Wirkstoffbegriff zugrundeliegt. Chemiker-Apotheker beobachteten zwar, dass in der unendlichen Vielfalt der vegetabilischen und animalischen Materien immer wieder dieselben wenigen generischen Prinzipien auftauchten: Öle, Säuren, Salze, Schleime oder Gallerte (als Grundstoffe der Tierwelt) und Pflanzensäfte, -schleime und -fasern (als Grundstoffe der Pflanzenwelt). Hierbei handelte es sich aber nicht immer um reale Substanzen, sondern um chemisch freizulegende Prinzipien, die in verschiedenen Stoffen materialisiert sein sollten. Die Anzahl der Prinzipien, deren Eigenschaften miteinander zu völlig homogenen Naturstoffen oder »Mischungen« verschmolzen, war nicht klar und außerdem noch weit entfernt vom Elementebegriff, wie er sich mit der französischen Schule um Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) gegen Ende des 18. Jahrhunderts etablieren sollte. Nur eine Minderheit von Chymisten hatte im 18. Jahrhundert ein atomistisches oder korpuskulares Verständnis der Natur natürlicher Substanzen übernommen. Ihre Konzepte von Atomen, Elementen und Korpuskeln waren tief in den naturphilosophischen Debatten des vorherigen Jahrhunderts verwurzelt und nur lose mit handwerklicher und experimenteller Praxis verbunden. Ähnliches gilt für die Debatten um die Frage, wie substanzielle Veränderungen zustande kommen, die chemisch betrachtet als Wechselwirkung oder Reaktion zwischen verschiedenen Arten von Substanzen betrachtet wurden. Zwar änderte sich im Laufe des 18. Jahrhunderts das Verhältnis von Theorie und Experiment. Die wachsenden Möglichkeiten der chemischen Analytik begünstigten die Suche nach den letzten, auch empirisch nachweisbaren Elementen, und im Labor ließen sich bestimmte Substanzen dazu bringen, sich miteinander zu verbinden und Neues zu bilden. Aber auch wenn dies die Herstellung einer beeindruckenden Vielzahl neuer Arzneimittel ermöglichte, die ihre Hersteller in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts zunehmend patentieren ließen,[93] so darf dies keineswegs als Erfolg der chemischen Analytik gedeutet werden. Die chemische Zergliederung – wie die zeitgenössische Formulierung lautete – war trotz aller Bemühungen weit davon entfernt, eine allgemeine Taxonomie chemischer Stoffgruppen zu liefern, denen eine spezifische Wirkung eingeschrieben war. Um 1800 beschrieb Friedrich Kretschmar in seinem *Versuch einer theoretisch-praktischen Darstellung*

93 Zur Patentmedizin des 18. Jahrhunderts vgl. Maehle, Drugs on Trial.

der Wirkungen der Arzeneien Wirkungen sehr ähnlich wie dies zwei Jahrhunderte zuvor üblich war:

> »Es ist eine durchgängig anerkannte und nie bezweifelte Wahrheit, dass sich nur allein aus ächten und zuverlässigen Beobachtungen sichere Resultate ziehen lassen. Da nämlich jede Wirkung einer Arznei unter einem sehr veränderlichen Einflusse äusserer und innerer Verhältnisse erfolgt; so lässt sich dieselbe nur nach solchen medicinischen Beobachtungen mit Sicherheit bestimmen, in welchen diese Verhältnisse nach ihrem ganzen Umfange gehörig dargestellt sind.«[94]

Fassen wir angesichts dieser nüchternen Erkenntnis noch einmal die wichtigsten Kriterien vormoderner arzneilicher Substanzen zusammen: Arzneimittel waren entweder einfache Rohstoffe (*simplicia*), gewonnen aus und sortiert bzw. klassifiziert nach den drei Naturreichen der Pflanzen, Tiere und Mineralien. Oder sie waren aus diversen Stoffen zusammengesetzte *composita*, die in mehr oder weniger aufwendigen, mechanischen und alchemischen Verfahren sowie in unterschiedlichsten Formen (Pasten, Pillen, Wässer etc.) hergestellt wurden. Keines der verschiedenen Arzneimittel besaß ihm inhärente, fixe Eigenschaften, die dem entsprächen, was der moderne Wirkstoffbegriff voraussetzt. Vielmehr besaßen Arzneien – wie jeder andere Naturkörper auch – *complexiones* oder Temperamente, deren Kräfte/Tugenden sich aus natürlichen Eigenheiten und besonderen Umweltbedingungen erklärten.

Frühere Generationen hatten kein Konzept von Wirkstoff. Sie fragten, »was tut ein Stoff«, und nicht »was ist ein Stoff«. Die *actio* eines Dinges oder einer Substanz, seine beobachtbaren Handlungen, dominierten jede Beschreibung von Medikamenten. So war der Begriff *pharmakon* polyvalent einsetzbar. Die *hiera* oder von Gott gestifteten Wunderdrogen erfüllten dessen Willen. Dem *Antidot* (Gegengift), Pestmittel oder Aphrodisiaka war die Erwartung eingeschrieben, etwas zu tun (heilen) oder, im Falle der Aphrodisiaka, sexuelle Lust, Orgasmen und Empfängnisbereitschaft zu steigern. Die Behandlung mit Medikamenten wurde immer als ein relationales Ensemble gedacht, in dem die einzelnen Elemente ihre Bedeutung nur bezogen auf das jeweils andere erhielten. Arzneimittel waren daher Stoffe, die über Raum- und Zeitverhältnisse hinweg Bewegungen und Veränderungen in einem anderen

---

94 Friedrich Kretschmar, Versuche einer theoretisch-praktischen Darstellung der Wirkungen der Arzeneien, Zweiter Theil, Halle 1800, S. 4 f.

Körper erzeugten. Diese Denkweise erklärt auch, warum Arzneien oft als Metaphern für nicht medizinische Effekte herangezogen wurden, so etwa bei der Lektüre eines Buches oder dem Besuch eines Theaterstückes. Das Theater, so schreibt Tanya Pollard, wurde im frühneuzeitlichen England nicht selten als »curative, soporific, poisonous, narcotic, addictive, aphrodisiac, soothing, [and] intoxicating« beschrieben.[95]

Statt um Ursache und Wirkung ging es um das Wechselwirkungsprinzip von *actio* und *reactio* verschiedener Stoffe respektive Körper miteinander. Die vormoderne Medizin studierte Prozesse des Wandels (krank werden) und der Veränderung (medikamentöse Intervention). Stoffe kühlten, wärmten, festigten, lösten auf oder erweichten etwas, und damit ermöglichten sie es, kommende Dinge und Erscheinungen zu antizipieren. Wirkungen waren so betrachtet keine festen Zustände; nur in einer Kombination aus Erinnerung und Erwartung konnte der Arzt lernen, Wirkungen wiederzuerkennen oder gar zu reproduzieren. Nur anhand bereits bekannter Erfahrungen konnte er eine Wirkung mit einem gewissen Spielraum von Möglichkeiten benennen und prognostizieren.

Vormoderne Stoffbegriffe waren angefüllt mit Wissen, das über Generationen hinweg tradiert, teils kanonisiert und oft nicht hinterfragt wurde. In Rezepten, Arzneiprodukten oder therapeutischen Erklärungsmustern erkannte man die verschiedenen medizinischen Schulen, Galenismus, arabische Medizin, Alchemie, Paracelsismus, Chymiatrie, die oft miteinander konkurrierten und mit eigenen Herstellungsmethoden und Produkten warben. *Secreta* (Geheimnisse) waren akzeptierte Mittel, um auf den unregulierten Märkten der Medizin ein Alleinstellungsmerkmal zu erwirtschaften. Chemische Methoden galten noch Ende des 18. Jahrhunderts mehr als Arbeitsverfahren zur Herstellung von neuen Medikamenten denn als einzige Möglichkeit, die Zusammensetzung einer Substanz zu definieren. Oft war die Herkunft einer Substanz entscheidender als ihre Verarbeitung. So konnte sich der Berliner Hof-Apotheker und Professor der Chemie Caspar Neumann (1683–1737) noch in den 1720er Jahren nicht mit der Theorie anfreunden, dass *Ambra grisea* (Amber), dieser kostbare, weil intensiv duftende Stein, der von der Brandung ans Ufer der Meere gespült oder von Seeleuten auf der Wasseroberfläche gefunden wurde, aus dem Verdauungstrakt des Wales stammen sollte.[96] Hatte

95 Tanya Pollard, Drugs and Theater in Early Modern England, Oxford/New York 2005, S. 19.

96 Caspar Neumann, Disquisitio de Ambra grysea, Dresden 1736, Vorbericht.

Plinius recht, der im 1. Jahrhundert nach der christlichen Zeitrechnung das lateinische Wort »succinum« (Wortstamm *succus*, Saft) eingeführt hatte, weil er meinte, dass aus einer den Pinien ähnlichen Baumart an den Ufern der Nordmeere ein Saft ausfließe, durch die Kälte gehärtet und ins Meer gespült werde? Oder die Griechen, die den Stein »lyngourion« nannten, weil er aus dem Urin einer Art Luchs entstehe, den dieser in der Erde vergrabe? Oder sollte man das Wort »electron« benutzen, weil der Stein leicht entzündlich und stark duftend war sowie Funken sprühte? Die Araber hatten das Wort *ambra* eingeführt (vom arabischen »anbar«), das gelbliche (Bernstein) oder graue Steine (*ambra grisea*) umschrieb. Als Chemiker präferierte Neumann die chemische Zergliederung, um die »dem gemeinen Wesen dienlichen Dinge [...] wenigstens selbst in ihrer natürlichen Mixtion gründlich« kennenzulernen.[97] Doch auch sein Versuch, die »einzige Materie« zu entschlüsseln, die die Kostbarkeit der Ambra begründe – »was sie an sich selbst eigentlich sey«,[98] half ihm nicht, die wahre »Essenz« oder »Solution« zweifelsfrei benennen zu können. Bis auf Weiteres war jedem Chymisten, Apotheker oder Arzt klar, dass es vom eingesetzten Verfahren und vom Wissen und der Erfahrung früherer Generationen abhing, welche physikalischen oder chemischen Eigenschaften ein als Arznei verwendeter Stoff hat.

97 Ebd., S. 5.

98 Ebd., S. 106.

Vom Wirken zum Stoff zum Wirken
Zur Begriffsgeschichte aktiver Agentien im 20. Jahrhundert

Heiko Stoff

Im Frühjahr 2004, ich war zu dieser Zeit als Postdoc am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte beschäftigt, bat mich Hans-Jörg Rheinberger in sein Büro – damals noch in der Berliner Wilhelmstraße – und fragte mich, ob ich es mir vorstellen könne, mich im Rahmen eines Forschungsverbundes zur Geschichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit »Wirkstoffforschung« zu befassen. Mein Vertrag in Berlin lief aus, ich hatte mich zuvor intensiv mit der Geschichte der Sexualhormone befasst und glaubte deshalb, zumindest ansatzweise auf das Thema vorbereitet zu sein. Ich sagte ohne Zögern zu.

Ich beginne mit dieser biografischen Episode nicht nur, um zu zeigen, dass nicht ausgerechnet ich zur Stoffgeschichte, sondern die Stoffgeschichte zu mir kam, sondern auch, weil sich auf diesem Wege gut darstellen lässt, warum ich einen begriffsgeschichtlichen Ansatz als Bedingung einer praxeologischen Stoffgeschichte für unerlässlich halte. Ich hatte damals das Glück, dass das Projekt bei der Pharmaziehistorikerin Bettina Wahrig an der Technischen Universität Braunschweig angesiedelt wurde, wo ich einen profunden Einblick in die Historiografie der Arzneimittel erhielt. In den entsprechenden deutschsprachigen Standardwerken kommt dem Konzept der Wirkstoffe eine zentrale, aber auch unhinterfragte Bedeutung zu, die sich an dessen Verwendung in der Arzneimittelforschung anschließt. Der Begriff des Wirkstoffs oder des Wirkstoffgehalts wird dabei durchaus auch als Synonym für »Pharmakon« verstanden und in der pharmazeutischen Fachsprache zusammen mit Arzneiform und Heilmittel als Eigenschaft von Arzneimitteln vorausgesetzt. Er wird pharmaziehistorisch aber auch eher implizit mit der

Naturstoffforschung des frühen 20. Jahrhunderts in Verbindung gebracht.[1] Diese Spur sollte sich als nützlich erweisen, denn als ich begann, den Hauptquellenkorpus des Forschungsvorhabens, die Förderanträge bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Bereich der Lebenswissenschaften zwischen 1920 und 1970, nach »Wirkstoffen« zu durchsuchen, wurde ich nachhaltig irritiert. Den Begriff »Wirkstoffe« fand ich dort zwar sehr häufig, aber zumindest bis in die 1950er Jahre nur im Zusammenhang mit Hormonen, Vitaminen und Fermenten bzw. Enzymen. Zudem wurde er anfänglich vor allem in Bezug auf biologische und physiologische Versuche verwendet. In der biochemischen und pharmakologischen Nomenklatura wurde der Wirkstoffbegriff sogar erst um 1930 gebräuchlich. Dies änderte sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, als begonnen wurde, mit Wirkstoffen alle pharmakologisch, pharmazeutisch, biologisch oder physiologisch wirksamen chemischen Agentien zu bezeichnen. Barbara Orland zeigt in ihrem Aufsatz in diesem Band, dass diese Entwicklung eng an eine historische Semantik der Heilwirkung gebunden ist. Um dies anhand der Fachpublikationen genauer zu überprüfen, kam mir zugute, dass, just als ich mit meiner Recherche begann, auch Online-Suchmaschinen eingeführt wurden, die sich nicht nur sehr übersichtlich nach Publikationsdaten eingrenzen, sondern bei denen sich publizierte Texte auch nach Begriffen auswerten ließen. Dabei machte ich, namentlich mithilfe des »Google Ngram Viewer«, die verblüffende Entdeckung, dass der Begriff »Wirkstoffe« vor dem 20. Jahrhundert kaum gebraucht und dann auch nur im Zusammenhang mit Textilbearbeitung verwendet wurde. Äußerst selten finden sich vor 1900 auch verwandte Begriffskomposita wie »wirksamer Stoff« oder das noch seltenere »wirkender Stoff«, um die spezifische physiologische Aktivität gewisser Elemente zu umschreiben.

Mir wurde klar, dass, wenn ich nicht den methodischen Fehler begehen wollte, ein heutiges Konzept der Wirkstoffe retroaktiv auf die Forschungsdiskurse des frühen 20. Jahrhunderts zur Anwendung zu bringen, eine kritische Auseinandersetzung mit dem Wirkstoffbegriff selbst unerlässlich war. Es erschien mir erklärungsbedürftig, dass dem Begriff der »Wirkstoffe« zwischen den 1920er und 1950er Jahren im deutschsprachigen Raum eine so

1 Peter Dilg/Guido Jüttner, Pharmazeutische Terminologie. Die Fachsprache des Apothekers, Eschborn 1972, S. 18; Rudolf Schmitz, Geschichte der Pharmazie, Bd. 2: Von der Frühen Neuzeit bis zur Gegenwart, unter Mitarbeit von Christoph Friedrich/Wolf-Dieter Müller-Jahncke, Eschborn 2005, S. 449 f.

spezifische und auch nur schwer in andere Sprachen übersetzbare Bedeutung zukam. Wenn ich dies dann zur Grundlage einer Monografie über die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Wirkstoffforschung machte, wollte ich nicht im sprachrelativistischen Sinne zeigen, dass im deutschsprachigen Raum eine andere und nicht übersetzbare Idee wirksamer Substanzen entwickelt worden sei. Stattdessen befasste ich mich in diesem Buch vor allem mit jenen Praktiken der Institutionalisierung, Standardisierung, Regulierung und Aktivierung, durch die überhaupt erst im Organismus wirksame chemische Agentien konstituiert werden konnten. Dabei kamen Experimentalsystemen, bei denen die Leistungsfähigkeit dieser Agentien durch die Behebung von Mangelzuständen getestet und etabliert wurden, eine zentrale Bedeutung zu. Wirkstoffe funktionierten entsprechend bei der Generierung eines neuen Konzeptes eines inneren Chemismus regulierter, aber vor allem auch regulierbarer Körper. Sie erklärten als »neue Physiologie« das konstante Funktionieren des tierischen Organismus, zugleich waren sie aber auch einsetzbar, um Störungen zu beheben oder gar die Leistungsfähigkeit zu optimieren. Entsprechend wurde von den Enzymen, Hormonen und Vitaminen geradezu Wundersames erwartet. Die entsprechende Forschung selbst fand transnational statt, verband unterschiedliche Disziplinen und war an wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Interessen ausgerichtet. Jedoch vollzog sich dies im deutschsprachigen Raum auf besonders dynamische Weise.[2]

In diesem Aufsatz geht es darüber hinaus darum zu zeigen, dass es der Stoffbegriff war, der die leistungsfähigen chemischen Agentien zu Beginn des 20. Jahrhunderts an eine materialistische Auffassung des Lebens selbst band. Ein im 19. Jahrhundert entwickelter spekulativer Stoffbegriff wurde durch die experimentellen Praktiken der Exstirpation, Transplantation und Substitution mit einer aktivierbaren, aber zunehmend auch als prekär verstandenen Wirksamkeit verbunden. Wirkstoffe reüssierten als lebensregulierende Agentien, mittels derer die Funktionen des Organismus als ein leistungsfähiger Apparat erklärt werden konnten. Zugleich wurden sie der pharmazeutischen Produktion und des optimierenden Einsatzes zugänglich gemacht. Die Lebensprozesse wurden so erklärbar wie gestaltbar. Der durch Wirkstoffe regulierte und regulierbare Körper entsprach dabei ebenso den Erfordernissen einer modernen Konsum- und Leistungsgesellschaft wie er auch

2 Heiko Stoff, Wirkstoffe. Eine Wissenschaftsgeschichte der Hormone, Vitamine und Enzyme, 1920–1970, Stuttgart 2012.

auf vitalistisch-holistische Vorstellungen der Lebensvorgänge zurückgeführt werden konnte. Begriffsgeschichtlich ist es von großer Bedeutung, dass Wirkstoffe durch Nachweisverfahren einer spezifischen Leistung im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts stabilisiert, jedoch durch die Unkontrollierbarkeit dieser Wirkungen auch wieder destabilisiert wurden, weshalb auch Mitte des 20. Jahrhunderts der Wirkstoffbegriff einerseits verallgemeinert und nicht mehr zur Erklärung von vitalen Prozessen herangezogen, andererseits aber auch im Gegensatzpaar der Fremd- und Vitalstoffe aufgehoben wurde.

Wirksame Stoffe: Eine Begriffsgeschichte

Das Determinativkompositum »Wirkstoffe« ist nur schwer in andere Sprachen zu übersetzen und wird durch Adjektiv-Nomen-Verbindungen wie (*biologically*) *active substances*, *substance active*, *principio attivo*, *sustancia activa* oder *werkzame stof* ausgedrückt.[3] Auch in einigen deutschsprachigen Fachartikeln der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts findet sich der Ausdruck »wirksamer Stoff«, der sich allerdings nicht durchsetzen konnte. Außerhalb der deutschen Sprache wurden keine Komposita gebildet. Vor allem aber fand zu dieser Zeit auch keine Engführung der Begriffsbestimmung auf Enzyme, Hormone und Vitamine statt. Auffällig ist zudem, dass – mit der Ausnahme im Niederländischen – das lateinische *substantia* benutzt wurde. Warum heißt es deutschsprachig also überhaupt »Wirkstoffe« und nicht »wirksame Substanzen«? Und warum wurden die Enzyme, Hormone und Vitamine der einen Kategorie der Wirkstoffe untergeordnet?

Wie der Chemiker und Philosoph Joachim Schummer es 2017 formulierte, ist die Chemie einerseits gegenstandsbezogen, andererseits prozessorientiert. Sie befasst sich mit Stoffen ebenso wie mit Stoffumwandlungen auf molekularer Ebene.[4] Dabei gilt sicherlich, was der Philosoph Peter Janich schon 1994 feststellte: Die Chemie habe für ihre wichtigsten Grundbegriffe keine definitorischen und ausdrücklichen Festlegungen zur Verfügung. Alle

---

3 Eine historisch weiter zurückreichende Herleitung der Beziehung von Wirkung und Stoff liefert Barbara Orland in diesem Band.

4 Joachim Schummer, Philosophie der Chemie, in: Simon Lohse/Thomas Reydon (Hrsg.), Grundriss Wissenschaftsphilosophie. Die Philosophien der Einzelwissenschaften, Hamburg 2017, S. 229–251.

Chemiker redeten von Substanzen oder Stoffen, ohne dass sich in den Lehrbüchern auch nur annähernd befriedigende Definitionen dieser Grundbegriffe fänden.[5] Der Chemiker Jochen Busemann hatte drei Jahre zuvor versucht, auf dieses Problem eine Antwort zu geben, indem er »Stoff« als einen Sammelbegriff für alle Arten und Formen hinreichend aggregierter Materie definierte. Mit diesem Kriterium werde festgelegt, dass sich der Begriff »Stoff« auf jene Materie beziehe, die makroskopisch-phänomenologisch erfahrbar und beschreibbar sei.[6] Janich selbst verwies hingegen auf die zentrale Bedeutung der »stofflichen Eigenschaften«, die er an das »praktische Wissen« oder »Handlungsvermögen« band. »Stoff« oder »Substanz« funktionierten dabei als Signalwörter, um über bestimmte Eigenschaften überhaupt erst diskutieren zu können. Wenn Chemiker von Stoffen oder Substanzen sprächen, dann redeten sie nicht über ihre Objekte, sondern über ihre Handlungen.[7] Jens Soentgen wiederum ging es Ende der 1990er Jahre ähnlich wie Busemann um eine phänomenologische Erfassung des Stoffbegriffs. Dabei musste er zunächst anhand der Fachliteratur konstatieren, wie schwierig es sei, den Stoffbegriff von Konzepten wie »Materie« oder »Präparat« abzugrenzen und zu unterscheiden. Soentgens eigene Definition des Stoffbegriffs, die er auch in seinem Beitrag zu diesem Band anwendet, basierte darauf, dass dieser sowohl in der Fachsprache als auch im Alltagsgebrauch geprägt werde. Zugleich sei er aber durch elementare Charakteristika begrenzt. Hieraus entwickelte Soentgen einen phänomenologischen Stoffbegriff, gemäß dem Stoffe portionierbar, materiell und natürlicher Art seien, universal vorkämen sowie »Neigungen« hätten, also aktiv seien.[8]

Diese wichtigen Versuche, den Stoffbegriff phänomenologisch oder aus der chemischen Praxis heraus als einen Sprechakt zu definieren, sind für eine Auseinandersetzung mit dem Begriff »Wirkstoffe« als einem zumeist im Plural verwendeten Neologismus des frühen 20. Jahrhunderts sicherlich nicht ausreichend. Zunächst wurde der Begriff »Wirkstoffe« gar nicht in der Chemie, sondern in der experimentellen Biologie und Physiologie gebräuchlich.

---

5 Peter Janich, Wozu Philosophie der Chemie?, in: Chemie in unserer Zeit 28:3, 1994, S. 139–146, hier S. 144.

6 J. Busemann, Materie und Stoff – Betrachtungen über Grundbegriffe der Chemie, in: LaboratoriumsMedizin 15:11, 1991, S. 570–575, hier S. 570.

7 Janich: Wozu Philosophie der Chemie?, S. 145.

8 Jens Soentgen, Phänomenologische Untersuchungen zum Stoffbegriff, in: Chimica didactica. Zeitschrift für Didaktik der Chemie 25:3, 1999, S. 197–221.

Eine regelmäßige Verwendung des Wirkstoffbegriffs setzte überhaupt erst in der zweiten Hälfte der 1920er Jahre ein, als etwa Artur Biedl, ein Pionier der Lehre von der inneren Sekretion, von den »Wirkstoffen des Ovars« sprach.[9] In den 1930er Jahren hatte er sich als Oberbegriff für Enzyme, Hormone und Vitamine schließlich durchgesetzt, vor allem begründet durch ein physiologisch-chemisches Lehrbuch von Robert Ammon und Wilhelm Dirscherl, das 1938 erschien.[10] Im deutschsprachigen Raum wussten zu dieser Zeit bereits alle, die Zeitungen lasen, dass es sich bei Hormonen und Vitaminen um Wirkstoffe handelte, denen eine vitale Funktion zukam. So wurden diese populär auch als »Wirkstoffe des Lebendigen« bezeichnet.[11]

Begriffsdefinitionen von »Stoff« sind schon deshalb problematisch, da zumeist ein Begriff synekdotisch durch einen anderen erklärt wird: Ein Stoff ist eine Substanz, ist eine Materie, ist ein Stoff. Alle drei Begriffe »Materie«, »Substanz« und »Stoff« lassen sich aus der antiken Philosophie herleiten, können auf das aristotelische Konzept der *hyle* zurückgeführt und damit in Relation zum Begriff der Form analysiert werden. Philologische und philosophische Studien, die durchaus auch im naturwissenschaftlichen Feld verortet sind, arbeiten bis heute unermüdlich an entsprechenden Begriffsdefinitionen.[12] Die Wissenshistorikerin Andrea Westermann betont, dass sich zu Beginn des 19. Jahrhunderts jedoch im naturwissenschaftlichen Diskurs ein pragmatisch-technisches Verständnis des Substanzbegriffs durchgesetzt habe. Das lateinische *substantia*, bei dem es vor allem um ein wiederum relationales Verhältnis von Geist und Materie gegangen sei, beziehe sich sowohl auf ein Material, aus dem etwas gestaltet werden könne, als auch auf spezifische quantifizier- und veränderbare chemische Agentien. Im deutschsprachigen Raum seien Substanz und Materie zunehmend durch das aus dem Textilhandel über-

---

9 Artur Biedl, Über die Wirkstoffe des Ovars, in: Archiv für Gynäkologie 132:1, 1927, S. 167–175.

10 Robert Ammon/Wilhelm Dirscherl, Fermente, Hormone und Vitamine und die Beziehungen dieser Stoffe zueinander, Stuttgart 1938.

11 Gerhard Venzmer, Die Wirkstoffe des Lebendigen. Von Hormonen, Vitaminen und anderen Lebensreglern, Stuttgart 1948.

12 Barbara Naumann/Thomas Strässle/Caroline Torra-Mattenklott, Einleitung, in: dies. (Hrsg.), Stoffe. Zur Geschichte der Materialität in Künsten und Wissenschaften, Zürich 2006, S. 7–15, hier S. 9; siehe auch Jakob Tanner, Stoff und Form. Menschliche Selbsthervorbringung, Geschlechterdualismus und die Widerständigkeit der Materie, in: ebd., S. 83–108. Neuestens auch Klaus Ruthenberg, Chemiephilosophie, Berlin 2022.

nommene niederländische Lehnwort »stof« ausgedrückt worden.[13] Das Suffix »-stoff« war dabei von deutschsprachigen Chemikern wie etwa Carl Wilhelm Scheele im späten 18. Jahrhundert verwendet worden, um den Inhalt eines bestimmten Milieus zu benennen, der für bestimmte Effekte verantwortlich gemacht und chemisch dargestellt werden kann. Ein Stoffbegriff, der als Material erscheint, wird im parallelisierten Akt der Benennung und chemischen Reindarstellung substanziell.[14]

»Stoff« ist jedoch nicht einfach nur ein Synonym für Substanz oder Materie, sondern, im Sinne Roland Barthes, ein mythischer Begriff, eine Aussage und eine Botschaft, die physisch-physikalische, physiologische und metaphysische Diskurse in Austausch bringt.[15] Es ist deshalb nicht unerheblich, dass sich der Begriff »Wirksubstanzen« nicht gegen den der »Wirkstoffe« durchsetzen konnte. Wenn um 1900 der Ausdruck »Stoff« verwendet wurde, um das Funktionieren des Organismus neu zu erklären, dann verwies dies zugleich auf die Gestaltbarkeit des Lebendigen. In der naturwissenschaftlichen Debatte der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kam im deutschsprachigen Raum dem Stoffbegriff, der zugleich im Diskurs der Klassik ästhetisch aufgewertet worden war, in der Tat eine bedeutsame Funktion zu, die der Substanzbegriff so nicht erreichte.[16] Wer vom Stoff sprach, verwies auf eine bestimmte, als materialistisch bezeichnete Interpretation des Lebens, wie sie insbesondere der Arzt Ludwig Büchner seit Mitte des 19. Jahrhunderts verbreitete, der »Stoff« mit »Kraft« verband und in einen Bedeutungszusammenhang mit Sein und Materie stellte. In untrennbaren Paarbildungen mit Kraft und Raum war Stoff eine der Bedingungen des Seins im Allgemeinen, aber der Entstehung und Entwicklung des materialistisch verstandenen Lebendigen im Besonderen.[17] Dabei wurden metaphysische Motive wie Unendlichkeit

---

13 Andrea Westermann, Substanzen, in: Stefanie Samida/Manfred K. H. Eggert/Hans Peter Hahn (Hrsg.), Handbuch Materielle Kultur. Bedeutungen, Konzepte, Disziplinen, Stuttgart 2014, S. 259–263, hier S. 259. Vgl. auch die Beiträge in Klaus Ruthenberg/Jaap van Brakel (Hrsg.), Stuff. The Nature of Chemical Substances, Würzburg 2008.

14 Carl Wilhelm Scheele, Chemische Abhandlung von Luft und Feuer, Upsala/Leipzig 1782, S. 264 f.

15 Vgl. Roland Barthes, Mythen des Alltags, Frankfurt am Main 1964; siehe auch Naumann/Strässle/Torra-Mattenklott, Einleitung, S. 10.

16 Ingeborg Schmidt, Stoff, in: Goethe-Handbuch, Bd. 4, Teilbd. 2: Personen, Sachen, Begriffe L-Z, Stuttgart 1998, S. 1015–1017.

17 Annette Wittkau-Horgby, Grundformen des Materialismus in den Wissenschaften des 19. Jahrhunderts, in: Sudhoffs Archiv 82:2, 1998, S. 129–140, hier S. 140; vgl. auch

und Unsterblichkeit in eine ebenso physikalische und biologische wie weltanschauliche Programmatik eingeführt, die zugleich mit theologischen und idealistischen Argumenten erbittert bekämpft wurde. Politische und naturwissenschaftliche Diskurse wirkten zusammen und waren zugleich an eine neue Idee der Gestaltbarkeit des Lebens gebunden. Dem Stoffbegriff kam eine bedeutsame Funktion in jenen materialistischen und utopischen Diskursen zu, die vor allem seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Gestaltung des Lebendigen, ja des Lebens selbst zu einem zentralen Thema der Naturwissenschaft machten. Mit der chemischen Erklärbarkeit des biologischen Körpers war entwicklungsphysiologisch dessen stoffliche Plastizität und Veränderbarkeit impliziert. Dies lässt sich aber ebenso gut für die Kolloidforschung des 19. Jahrhunderts zeigen, von der auf grandiose Weise die Lösung des Rätsels des Lebens und ein Zugang zum Prinzip der Vitalität erwartet wurde.[18]

Mit dem Konzept der Wirkstoffe ließen sich lebendige Körper materiell so verstehen, dass die Stabilität der Funktionen und Formen durch spezifische chemische Agentien aufrechterhalten wird. Dem Wirkstoffbegriff kam eine spezifische Funktion in einer sogenannten neuen Physiologie zu, die das Leben selbst als einen homöostatischen Zustand bestimmte, der durch spezifische Agentien reguliert wird. Mittels Wirkstoffen ließen sich körperliche Funktionen erklären, sie waren zugleich auch isolierbar, industriell herstellbar und therapeutisch verwendbar. Erst mit den Wirkstoffen waren animalische Körper Teil einer modernen Ökonomie geworden. Man stehe mit ehrfurchtsvollem Erstaunen vor diesen überfeinerten Regulationsprozessen, »die das Zellgetriebe, das wir Leben nennen, unter Kontrolle halten und ihm die Gesetze des Wachstums, des Stoffwechsels und der Entwicklung vorschreiben«, bemerkte 1932 der Biochemiker Carl Oppenheimer und stellte damit zugleich die Hormone und Vitamine als »Wirkstoffe des Lebens« dar.[19] Der Zoologe Al-

---

Kurt Bayertz/Myriam Gerhard/Walter Jaeschke (Hrsg.), Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Bd. 1: Der Materialismus-Streit, Hamburg 2007.

18 Vgl. Heiko Stoff, Wolfgang Pauli and Colloid Science at the Biologische Versuchsanstalt in Vienna, in: Gerd B. Müller (Hrsg.), Vivarium. Experimental, Qualitative, and Theoretical Biology at Vienna's Biologische Versuchsanstalt, Cambridge, MA 2017, S. 189–208.

19 Carl Oppenheimer, Chemie der Hormone und Vitamine. Ein Überblick über die neuesten Entdeckungen, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift 58:1, 1932, S. 17–19, hier S. 19.

fred Kühn bezeichnete Wirkstoffe fünf Jahre später schlicht als »Regulatoren des Leistungsgetriebes«.[20]

Dass „alles, was wir von einem bestimmten Stoffe wissen, die Kenntnis seiner Eigenschaften ist“, hatte der Chemiker Wilhelm Ostwald schon Ende des 19. Jahrhunderts festgestellt, um sich des wissenschaftlichen Materialismus zu entledigen.[21] Während Ostwald die Eigenschaften der als homogen angenommenen Stoffe meinte, handelte es sich bei den Hormonen, Enzymen und Vitaminen aber gerade um unsichtbare und bis in die 1920er Jahre auch chemisch unbekannte Substanzen. Die Materialismusdebatte hatte einen inneren Zusammenhang nicht nur zwischen Stoff und Kraft, sondern auch zwischen Stoff und Wirkung etabliert. Es ist jedoch die Wirkung, die den Stoff bestimmt. Die Eigenschaften dieser spezifischen Stoffe waren also die aktivierbaren und beobachtbaren Wirkungen.[22] Diese aber waren gebunden an konkrete Problematisierungen, wie es sich schon 1889 in einem bahnbrechenden Selbstexperiment zeigte.

Eine neue Physiologie: Die lebensregulierende Funktion der Wirkstoffe

Eine entscheidende Bedingung für die Entwicklung eines Wirkstoffbegriffs war in den 1890er Jahren das Zusammentreffen der dezidiert materialistischen Entwicklungsphysiologie mit der Lehre der inneren Sekretion, wie sie Claude Bernard in Frankreich eingeführt hatte. Bernard postulierte experimentell die Existenz nicht nur von äußeren, sondern auch von inneren Drüsen, die unsichtbare Sekrete ins Blut absonderten, um an anderem Ort das Funktionieren von Organen und lebensnotwendigen Prozessen zu steuern. Bei Bernards experimenteller Methode, so Georges Canguilhem, habe es sich um den Entwurf einer Ethik gehandelt, die auf den produktiven Charakter der Forschenden als »Erfinder von Phänomenen« verwiesen habe. Sie sei mit einer Philosophie der Einwirkung der Wissenschaft auf das Leben verbunden

20 Alfred Kühn, Hormonale Wirkungen in der Insektenentwicklung, in: Forschungen und Fortschritte 13, 1937, S. 49–50, hier S. 49.

21 Wilhelm Ostwald, Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus, in: Zeitschrift für Physikalische Chemie 18:1, 1895, S. 305–320, hier S. 308.

22 Busemann, Materie und Stoff, S. 570.

gewesen.[23] Diese Intervention in Lebensprozesse vollzog sich durch eine recht einfache Experimentaltechnik der Entnahme und Wiedereinpflanzung jener Drüsen, die für die inneren Sekretionen zuständig zu sein schienen.

Ein ebenso bedeutsames wie umstrittenes Selbstexperiment vollführte dazu im Jahr 1889 der 72-jährige Neurologe Charles Édouard Brown-Séquard, der Nachfolger Claude Bernards auf dem renommierten Lehrstuhl für Medizin am Collège de France, indem er seinem gealterten Körper einen durch Kompression von tierischem Hoden gewonnenen Saft einspritzte und sich der Société de Biologie als daraufhin um dreißig Jahre verjüngt vorstellte. Richtungsweisend war dabei, dass Brown-Séquard den Mangelzustand des Alters durch die Zugabe einer organotherapeutischen Flüssigkeit wieder aufzuheben behauptete. Diese wirkte also auf spezifische Weise aktivierend, substituierend sowie verjüngend und leistungssteigernd.[24] Dem »Brown-Séquardismus« schlossen sich zahlreiche Versuche an, für spezifische Krankheitserscheinungen Therapieformen zu etablieren, bei der die substituierende Wirkung mit einer kurativen Wirksamkeit verbunden und ein Konnex von innersekretorischem Organ und einer als Krankheit bestimmten Mangelerscheinung konstituiert wurde. Die substituierende Wirksamkeit verwies auf die Leistungsfähigkeit der von den Drüsen mit innerer Sekretion ausgestoßenen Substanzen. Diese erwiesen sich in entsprechenden Versuchen als kurativ in Bezug auf eine spezifische Erkrankung. Seit den 1890er Jahren wurde eine lange Liste von Krankheitseinheiten wie Kretinismus und Myxödem, Akromegalie und Progeria, die Basedowsche ebenso wie die Addisonschen Krankheit, aber ebenso auch Alter, Impotenz, Leistungsschwäche sowie gewisse sexuelle Uneindeutigkeiten mit einer mangelnden Produktivität bestimmter Drüsen mit innerer Sekretion in Verbindung gebracht.[25]

Im deutschsprachigen Raum fügten sich diese Experimentalsysteme auf besondere Weise zu einer Entwicklungsbiologie und -physiologie, die Gestaltung und Wirkung an das Programm einer exakten kausalen Forschungsme-

---

23 Georges Canguilhem, Theorie und Technik des Experimentierens bei Claude Bernard, in: ders., Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Gesammelte Aufsätze, Frankfurt am Main 1979, S. 75–88, hier S. 84–88.

24 Vgl. Heiko Stoff, Ewige Jugend. Konzepte der Verjüngung vom späten 19. Jahrhundert bis ins Dritte Reich, Köln/Weimar 2004; Chandak Sengoopta, The Most Secret Quintessence of Life: Sex, Glands, and Hormones, 1850–1950, Chicago 2006.

25 Artur Biedl, Innere Sekretion. Ihre physiologischen Grundlagen und ihre Bedeutung für die Pathologie, Zweiter Teil, 2., neubearb. Aufl., Berlin/Wien 1913 (1910), S. 155–183; Stoff, Wirkstoffe, S. 13–15.

thode band. Namentlich der Hallenser Anatom Wilhelm Roux prägte diese experimentelle Methodik, der er 1885 den Namen »Entwicklungsmechanik der Organismen« gab und deren Ziel die »Erforschung der organischen gestaltenden Wirkungsweisen und deren Faktoren« darstellte.[26] Eine Analyse der Gestaltung erschien aber nur möglich durch die experimentelle Produktion der Missgestaltung, eine experimentelle Teratologie.[27] Aus Abweichungen von der als normal verstandenen Entwicklung ließen sich Rückschlüsse auf die regulatorischen, gestaltenden Reaktionsweisen und deren Faktoren ableiten. Diese experimentelle Deskription war aber wiederum mit dem Projekt der Entwicklungsmechanik verbunden, »die Bildung der Lebewesen experimentell nach unserem Willen zu leiten«.[28] Der Molekularbiologe und Wissenschaftshistoriker François Jacob bezeichnete diese neue biophysiologische Praxis deshalb auch als eine »aktive Wissenschaft«, »wo der Forscher direkt eingreift, ein Organ entnimmt, es isoliert, es funktionieren lässt, die Bedingungen verändert und die Variablen analysiert«.[29] Entwicklung, Gestaltung, Wirkung – dies waren Begriffe, die sich in die Lehre von der inneren Sekretion einfügten. Roux begrüßte die innersekretorischen Experimente seit den 1890er Jahren entsprechend enthusiastisch. Ausdrücklich bezog er 1920 die »Anwendung der Lehre von den Stoffen, welche Wachstum anregen«, wobei er sich ausdrücklich auf Hormone bezog, in das entwicklungsmechanische Projekt mit ein.[30] Seit den 1890er Jahren und bis in die 1920er Jahre waren die entwicklungsbiologischen

26 Hans Driesch, Wilhelm Roux als Theoretiker, in: Die Naturwissenschaften 8, 1920, S. 446–450, hier S. 447 f.; Wilhelm Roux, Ankündigung, in: Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen 44, 1918, S. 1–4, hier S. 1. Siehe zur Entwicklungsmechanik u. v. a. Reinhard Mocek, Die werdende Form. Eine Geschichte der Kausalen Morphologie, Marburg 1998; Thorsten Halling/Nils Hansson/Heiner Fangerau, »Prisvärdig« Forschung? Wilhelm Roux und sein Programm der Entwicklungsmechanik, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 41, 2018, S. 73–97.

27 Roux, Ankündigung, S. 2 f.; Birgit Stammberger, Monster und Freaks. Eine Wissensgeschichte außergewöhnlicher Körper im 19. Jahrhundert, Bielefeld 2014, S. 65–92; Stephanie Nestawal, Monstrosität, Malformation, Mutation. Von Mythologie zu Pathologie, Frankfurt am Main 2010, S. 63–76.

28 Roux, Ankündigung, S. 1 f.

29 François Jacob, Die Logik des Lebenden. Von der Urzeugung zum genetischen Code, Frankfurt am Main 1972, S. 198.

30 Wilhelm Roux, Dank, in: Archiv für die Entwicklungsmechanik der Organismen 46, 1920, S. I-XI, hier S. IV; Joseph S. Fruton, Molecules and Life. Historical Essays on the Interplay of Chemistry and Biology, New York/London 1972, S. 499. Siehe dazu auch Stoff, Wirkstoffe, S. 12 f.

Experimentalsysteme von zentraler Bedeutung für die Etablierung chemisch-physikalischer Gesetze, die fortgesetzte Suche nach den Ursachen der Gestaltung, die Fokussierung nicht auf das Gebildete, sondern auf den Prozess des Gestaltens und dessen Beherrschung.[31]

Noch ehe etwas über den chemischen Charakter der kurativ-substitutiv wirksamen Agentien bekannt war, erhielten sie 1905 durch den englischen Physiologen Ernest H. Starling ihren Namen als »chemical substances« und »chemical messengers, which, speeding from cell to cell along the blood stream, may coordinate the activities and growth of different parts of the body«, als Hormone, abgeleitet vom griechischen *hormao* (*Ὁρμάώ*). Diese Benennung war mit einem vollkommen neuen Konzept der chemischen Kontrolle körperlicher Funktionen verbunden, das im englischsprachigen Raum als eine *new physiology* begrüßt wurde.[32] Auf markante Weise wurden Starlings *chemical messengers* als »chemische Botenstoffe« sowie als »Reizstoffe« oder »Lebensmoleküle« ins Deutsche übersetzt.[33] Auch das Konzept der 1912 durch den polnischen Biochemiker Casimir Funk so bezeichneten »Vitamine« war maßgeblich durch die experimentelle Situation der Herstellung einer Mangelsituation und deren Aufhebung geprägt.[34] Das Fehlen dieser Vitamine in einer sonst völlig entsprechenden Nahrung führe eine Störung im Haushalt des Körpers herbei, so definierte Albert Bencke dies 1921 rückblickend. In der Folge entstünden Beriberi, Skorbut, Pellagra und eine Reihe anderer Krankheiten, »die man mit dem Ausdruck ›Mangelkrankheiten‹ bezeichnen könnte«.[35] Bevor sich dies als Lehrbuchsatz durchgesetzt hatte, waren allerdings bereits

---

31 Wilhelm Roux, Für unser Programm und seine Verwirklichung, in: Archiv für die Entwicklungsmechanik der Organismen 5, 1897, S. 1–80 u. 219–342, hier S. 261.

32 Ernest Henry Starling, The Croonian Lectures on the Chemical Correlation of the Functions of the Body. Delivered before the Royal College of Physicians of London on June 20th, 22nd, 27th & 29th, 1905, London 1905, S. 6; E. Sharpey-Schafer, The Physiology of Internal Secretion, in: Nature 128, 1931, S. 441–452.

33 Vgl. Stoff, Wirkstoffe, S. 14f.

34 Petra Werner, Vitamine als kollektiver Mythos, in: Dahlemer Archivgespräche 2, 1997, S. 140–157, hier S. 142; F. Michael Akeroyd, Research Programmes and Empirical Results, in: The British Journal for the Philosophy of Science 39:1, 1988, S. 51–58. Die Wortschöpfung aus den lateinischen *vita* und *amine* beruhte auf Funks Vermutung, dass es sich um eine lebenswichtige Substanz handle, die immer Stickstoff enthalte. E. Remy, Vitamine, in: Die Umschau 29, 1925, S. 4–6, hier S. 4.

35 Albert Bencke, Der heutige Stand der Vitaminforschung, in: Die Umschau 25, 1921, S. 282–283, hier S. 282.

dreißig Jahre internationaler wissenschaftlicher Debatten und experimenteller Praktiken vergangen, die das Konzept mangelhafter Funktionen des inneren Milieus mit der im 19. Jahrhundert etablierten Chemie der Ernährung verbanden. Entscheidend für die Ausbildung einer Vitamintheorie war also die Verbindung der Ernährungslehre mit dem entwicklungsphysiologischen Konzept kompetenter Stoffe zur Behandlung von spezifischen Mangelerscheinungen.[36] Die kurativ-substituierende Leistungsfähigkeit, eine spezifische Wirksamkeit in Bezug auf spezifische Krankheitserscheinungen, verwies auf die regulatorische Funktion und damit auch die pharmakologischen Potenziale unsichtbarer Agentien.

Im Begriff der Wirkstoffe fiel diese substituierend-kurative Leistung der Hormone und Vitamine mit der Spezifität der Enzyme zusammen, die jede Reaktion in der Zelle katalysierten. Das Konzept der Wirkstoffe entstand, als sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts der In-vitro-Chemismus der Enzyme mit den experimentellen Techniken zur Hervorbringung physiologischer Phänomene verband, welche die spezifischen Leistungen von Hormonen und Vitaminen bezeichneten. Der Körper wurde als homöostatisches Stoffwechselmilieu biosynthetisch produzierter oder aus der Umwelt aufgenommener lebenswichtiger Elemente neu konzeptualisiert. Es waren vitale chemische Reaktionen, die von nun an das Wesen des Lebens ausmachten. Wirkstoffe wurden je nach ihrer Leistungsfähigkeit oder ihres Mangels zu Agentien der Funktionalität und Dysfunktionalität des Körpers.[37] Auch Enzyme reüssierten als höchst leistungsstarke Wirkstoffe, über deren chemische Identität in den 1920er Jahren jedoch trefflich gestritten werden konnte. Die stofflichen Reizwirkungen, die für Hormone und Vitamine beschrieben wurden, so registrierte Alwin Mittasch, Haupttheoretiker der Katalyse in den 1930er Jahren, fänden sich auch in enzymatischen Prozessen. Was die Hormone und Vitamine allerdings auszeichnete und von den Enzymen zu unterscheiden schien, war das »Veranlassen und Lenken von Formbildungs- und Entwicklungsvorgängen in fortschreitender Organisation«.[38]

36 Ulrike Thoms, »Vitaminfragen – kein Vitaminrummel?« Die deutsche Vitaminforschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und ihr Verhältnis zur Öffentlichkeit, in: Sybilla Nikolow/Arne Schirrmacher (Hrsg.), Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressource füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert, Frankfurt am Main 2007, S. 75–96, hier S. 75.

37 Ammon/Dirscherl, Fermente, Hormone und Vitamine, S. XIV.

38 Alwin Mittasch, Über Katalyse und Katalysatoren in Chemie und Biologie, in: Naturwissenschaften 24, 1936, S. 770–777 u. 785–790, hier S. 785 f.

Die neue Physiologie eines durch Wirkstoffe regulierten Körpers lässt sich als ein revolutionäres Konzept vitaler körperlicher Prozesse beschreiben, das sich in Bezug auf die sogenannten Genwirkstoffe auch von grundlegender Bedeutung für die entstehende Molekulargenetik erweisen sollte.[39] Wie die Wissenschaftshistorikerin Christina Brandt schreibt, waren mit dem Wirkstoffkonzept semantisch weitere Konzepte und Bildfelder eng verflochten, welche die Perspektive organismischer Vorgänge und zellulärer Prozesse prägten. Dazu gehörte neben dem Begriff des Biokatalysators vor allem das Bildfeld der Regulation von Vorgängen in der Zelle sowie im Organismus. Der Begriff der Katalyse erhielt eine neue Bedeutung durch die Funktion der Regulierung und Lenkung.[40] Das Wunder des Lebens, diese neue Überzeugung wurde im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts virulent, ist das Wunder des inneren Chemismus:

> »Vitaminen und Hormonen ist gemeinsam, daß sie tote Stoffe, Chemikalien, sind, von einem Lebensprozeß in Pflanze oder Tier in kleinsten Mengen aber fortlaufend hergestellt. Sie sind imstande, in wiederum kleinsten Mengen im menschlichen und tierischen Organismus die einschneidendsten und – man kann wohl sagen: wunderbarsten – Wirkungen zu äußern.«[41]

Wirkstoffe sind in diesem Sinne leistungsstarke und in Bezug auf die Behebung von Mangelzuständen, -situationen und -krankheiten etablierte chemische Agentien zur biologischen Regulierung leistungsfähiger Körper. Ihrer Gewinnung und Herstellung kamen damit auch höchste (pharma-)industrielle und (bio-)politische Bedeutung zu. Wirkstoffe reüssierten als zentrale Agentien flexibilisierter und steuerbarer Körper, bei denen es nicht nur um Therapieformen, sondern immer auch um Optimierungen und Anpassungen an die Anforderungen dynamisierter Gesellschaften ging.

---

39 Vgl. Hans-Jörg Rheinberger, Die Zusammenarbeit zwischen Adolf Butenandt und Alfred Kühn, in: Wolfgang Schieder/Achim Trunk (Hrsg.), Adolf Butenandt und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Wissenschaft, Industrie und Politik im »Dritten Reich«, Göttingen 2004, S. 169–197; Bernd Gausemeier, Natürliche Ordnungen und politische Allianzen. Biologische und biochemische Forschung an Kaiser-Wilhelm-Instituten 1933–1945, Göttingen 2005.

40 Christina Brandt, Metapher und Experiment. Von der Virusforschung zum genetischen Code, Göttingen 2004, S. 72 f.

41 Walther Straub, Vitamine, Hormone und Volksgesundheit, in: Deutsche Forschung. Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft H. 16/1931, S. 40–50, hier S. 40.

Mangel und Leistung: Wirkstoffe als Agentien der modernen Welt

Der Begriff Wirkstoff verwies in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts also nicht auf die chemische Identität der Enzyme, Hormone und Vitamine, sondern auf eine wechselseitige Abhängigkeit von Mangel und Leistung sowie das damit verbundene konstante Funktionieren des Organismus. Die Aufhebung eines experimentell provozierten Mangels bewies die Leistungsfähigkeit biologisch wirksamer Substanzen. Wirkstoffe steuerten auf spezifische Weise chemische Prozesse und garantierten die Integrität des Körpers durch die Regulierung des Stoffwechsels und der Funktionen von Geweben und Zellen.[42] Dabei verband sich ein seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts geführter Diskurs über die Chemisierung der Lebensprozesse mit einem höchst modernen Projekt des regulierten und regulierbaren, in diesem Sinne flexiblen und plastischen Körpers. Deshalb ging das Interesse an den Wirkstoffen aber auch weit über die klinische Therapie und biologische Versuche hinaus. Mit dem Konzept der Wirkstoffe waren nicht nur wissenschaftliche, sondern ebenfalls pharmaindustrielle und staatliche Interessen verbunden. Die »neue Physiologie«, so ließe sich zugespitzt zusammenfassen, war überhaupt erst die Bedingung jenes »neuen Menschen«, von dem zu Beginn des 20. Jahrhunderts so viel die Rede war.[43] Ebenso kam den Wirkstoffen in den 1920er und 1930er Jahren eine zentrale Rolle für neue Modelle selbstverantwortlicher Lebenspraktiken zu, die in Ratgeberschriften und Zeitschriftenartikeln weiteste Verbreitung fanden. Gesundheit, Jugendlichkeit und Schönheit sind seitdem untrennbar mit den wunderbaren Wirkungen dieser Stoffe verbunden.[44] Die Wirkstoffforschung etablierte einen neuen Markt pharmazeutischer Produkte, die präventiv, therapeutisch und optimierend einsetzbar waren, während die staatliche Ernährungs- und Geburtenpolitik ein neues Instrument erhielt, mit dem gezielte Gesundheits- und Bevölkerungspolitik möglich wurde.

Die Wirkstoffe gaben Antworten auf die Probleme der Zeit; aber die Probleme der Zeit erschienen zugleich auch chemisch und pharmakologisch behandelbar. Der »Vitamin- und Verjüngungsrummel« um Wirkstoffe ließ

42 Schering A.G. Berlin, Hormon-Therapie in der Praxis, neubearb. und erw. 2. Aufl., Berlin 1953 (1951), S. 12.

43 Gottfried Küenzlen, Der Neue Mensch. Eine Untersuchung zur säkularen Religionsgeschichte der Moderne, München 1994.

44 Vgl. Stoff, Ewige Jugend; Rima Apple, Vitamania. Vitamins in American Culture, New Brunswick 1996.

sich nur dadurch erklären, dass diese mit politischen und biopolitischen Problematisierungen – wie der effektiven Ernährung der Bevölkerung, der eugenischen Geburtenpolitik und der individualisierten Leistungssteigerung – verbunden waren. Während der Stoffbegriff des 19. Jahrhunderts Grundfragen des Seins und des Lebens betraf, beinhaltete das Konzept der Wirkstoffe zusätzlich die Option der Ersetzung des Mangelkörpers durch den Leistungskörper. Die experimentalbiologische Konstituierung der Wirkstoffe war an der Erschaffung eines leistungsstarken Körpers in einer Leistungsgesellschaft interessiert. Mangel war hingegen ein Merkmal der erschreckenden Plastizität des animalischen Körpers. Deformierungen, Verfallserscheinungen und Fehlentwicklungen bezeichneten zur langen Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert einerseits die gefürchtete »Degeneration« und verwiesen zugleich auf die physiologischen Potenziale, die Fehlbildung zu stoppen, aufzuheben und in ihr Gegenteil, die Verbesserung des Menschen, zu verkehren. Die physiopathologische Mangelliste verwies auf das utopische Versprechen eines vitalen, produktiven und effizienten Menschen, der sogar über die Naturgrenzen hinaus transformierbar erschien. Wirkstoffe waren in den 1920er Jahren immer auch ein utopisches Versprechen, das an experimentelle Verfahren angeschlossen war, in denen Mangelsituation kreiert und spezifische Leistungen erzeugt wurden. Die biophysiologischen Techniken der Substitutionsexperimente, die Etablierung biologischer Testverfahren zur Standardisierung von Wirkstoffen, die chemischen Fähigkeiten der Extraktion aus industriell organisierten großen Rohstoffmengen sowie die Produktion synthetischer Derivate materialisierten Wirkstoffe als aktivierbare Agentien zur Erzeugung leistungsstarker moderner Körper.[45]

Wirkstoffe waren Spuren einer experimentellen und klinischen Situation, Effekte von biophysiologischen Experimentalsystemen, gebunden an bestimmte Modellorganismen und technische Verfahren.[46] Auf erhellende Weise lässt sich die Geschichte der Wirkstoffe damit auch als jene Dinggeschichte interpretieren, die Bruno Latour in den 1990er Jahren skizzierte: Die Bewegung gehe von den Attributen zu einer Substanz, die letztlich nur

45 Vgl. Stoff, Wirkstoffe, S. 20.

46 Hans-Jörg Rheinberger, Vom Mikrosom zum Ribosom. »Strategien« der »Repräsentation« 1935–1955, in: ders./Michael Hagner (Hrsg.), Die Experimentalisierung des Lebens. Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften, 1850/1950, Berlin 1993, S. 162–187, hier S. 162 f. u. 182 f.

die »Stabilität einer Zusammensetzung« bezeichne. Die Arbeit des experimentierenden Forschers bestand darin, die Phänomene und Eigenschaften zu stabilisieren, um »das Substrat dieser Prädikate heraufzubeschwören, um eine Kompetenz zu definieren, die sich dann in Laborversuchen in verschiedenen Performanzen ›äußern‹ oder ›manifestieren‹ kann«.[47] In der spezifischen Konstellation des biologischen Experiments als Herstellung von Mangelphänomenen gewannen die Wirkstoffe an Autonomie und erwiesen sich bei der Durchführung einer kurativ-substituierenden Leistung als kompetent. Als Wirkstoffe galten im 20. Jahrhundert schließlich all jene rein dargestellten und synthetisierten Substanzen, die einen entsprechenden biologischen Leistungsnachweis erbringen konnten.[48]

Bis weit in die 1920er Jahre hinein waren die Wirkstoffe zumeist noch in Organextrakten aufgehoben. Eine substituierende Organotherapie war aber viel zu unbeständig und basierte auf einem unreinen Gemisch, in dem zunächst kein spezifisch wirksames Hormon identifiziert werden konnte.[49] Damit die Wirkung der Stoffe regulierbar und standardisierbar wurde, musste aus dem Organstoff ein chemischer Stoff, der Wirkstoff, in möglichst größter Reinheit extrahiert werden. Was zunächst da war, waren bestimmte standardisierbare Wirkungen im Tierversuch. Erst später, so erläutert dies Latour, werde aus diesen Performanzen eine Kompetenz abgeleitet, die erkläre, warum das Versuchstier sich so verhalte.[50] In der Wissenschaftsgeschichte wurde dies als zeitliche Abfolge einer »Lehre von der inneren Sekretion« und einer »Endokrinologie« erklärt. Die innere Sekretion verwies danach auf eine eher hypothetische denn bewiesene Entität, deren Abwesenheit Krankheiten hervorrief, während Hormone eine aus tierischem Gewebe gewonnene chemische Substanz mit nachweisbaren spezifischen physiologischen Effekten meinte. Die Existenz von isolierbaren Hormonen konnte chemisch bewiesen, die einer inneren Sekretion nur experimentell mobilisiert werden.[51]

---

47 Bruno Latour, Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft, aus dem Engl. übers. von Gustav Roßler, Frankfurt am Main 2000, S. 143–145 u. 182 f.

48 Vgl. Stoff, Wirkstoffe.

49 Bernhard Zondek, Experimentelle Untersuchungen über den Wert der Organotherapie, in: Archiv für Gynäkologie 117, 1922, S. 19–26, hier S. 23 u. 25.

50 Latour, Die Hoffnung der Pandora, S. 372 u. 144.

51 Merriley Borell, Organotherapy and the Emergence of Reproductive Endocrinology, in: Journal of the History of Biology 18:1, 1985, S. 1–30, hier S. 4 f.

Mitte der 1920er Jahre existierten keine verbindlichen Daten zum Inhalt organotherapeutischer Präparate, zur notwendigen Dosierung, geschweige denn zum Wirkmechanismus. Aber selbst die Bekanntheit eines Bestandteils würde kaum weiterhelfen, wie Ernst Laqueur mit pharmakologischen Argumenten erklärte: »Denn nirgends gibt es in der Natur einen Stoff schlechthin, sondern immer so und so viel davon, und niemals hat ein Stoff als solcher eine Wirkung, sondern so und so viel hiervon auf diesen Organismus u. dgl.« Entscheidend für den Effekt seien Laqueur zufolge die Menge des Stoffes, die Dosis, und ihre Verteilung, die Zuführung. Der erste Schritt zur Konstanz sei es dann, die Quantität der bekannten Bestandteile in den Organpräparaten zu erhöhen. Man müsse für eine rationale Therapie die Bestandteile überhaupt und immer genauer kennenlernen und müsse dann verlangen, dass sie in genau anzugebenden Mengen im Präparat vorhanden seien.[52] Auch die Vitamine waren bis weit in die 1920er Jahre ausschließlich durch ihre physiologischen Wirkungen nachweisbar. Bekannt waren nur die Effekte, die als Wirkung einer unbekannten Substanz verstanden wurden, die erst noch gefunden werden musste: »[W]ir kennen ihre Wirkung, aber es ist bisher noch nicht gelungen, diese Stoffe selbst zu isolieren und sie so in ihrem chemischen Charakter zu erfassen«.[53] 1930 betonte der Vitaminexperte Carl-Arthur Scheunert, dass die Wirkung das einzig sichere Mittel sei, um die organischen Stoffe namens Vitamine nachzuweisen, weshalb auch der biologisch zu ermittelnden Vitaminwirkung und nicht dem chemisch erfassbaren Vitamingehalt entscheidende Bedeutung zukomme.[54] Die Lehre von den Hormonen und Vitaminen war eine nahezu rein biologische Erkenntnis, wie Carl Oppenheimer resümierte, »über der Natur der dafür verantwortlichen chemischen Stoffe lag dichtes Dunkel«.[55]

Adrenalin war der erste Wirkstoff, der »rein erhalten, strukturell aufgeklärt und ein Objekt der Industrie« geworden war.[56] Mit dessen Isolierung und Synthetisierung war jedoch kein Verfahren etabliert, das sich auch für andere Hormone oder Vitamine anwenden ließ. Dies bedeutete, dass zu Beginn der

52 Ernst Laqueur, Bewertung der Ovarialtherapie. Grundlagen, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift 58:25, 1932, S. 959–964, hier S. 960 f.

53 Bencke, Der heutige Stand der Vitaminforschung, S. 282.

54 Arthur Scheunert, Genießen wir genug Vitamine?, in: Die Umschau 34, 1930, S. 561–566, hier S. 562.

55 Oppenheimer, Chemie der Hormone und Vitamine, S. 17.

56 Ebd.

1920er Jahre außer Adrenalin und dem 1916 isolierten Thyroxin kein standardisiertes Wirkstoffpräparat zur Verfügung stand. Die gesamten 1920er Jahre durchzog das Problem der Standardisierung, wie sie 1921 mit der Eichung des Insulins eingeführt worden war.[57] Standardisiert wurden die Wirkstoffe schließlich durch Substitutions- und Heilversuche. Insbesondere bei den Vitaminen wurde es zum Standardverfahren, im Tierversuch experimentell provozierte Mangelerscheinungen durch ständig gereinigte Präparate zu beheben. Die exakte Bestimmung des Wirkstoffgehalts war die Bedingung für die Herstellung standardisierter Produkte. Die biologische Methode der Mangelbehebung am Versuchstier erwies sich dabei als zureichend, um etwa den Vitamingehalt bei der Herstellung pharmazeutischer Vitaminpräparate mengenmäßig genau zu bestimmen.[58]

Zum Nachweis der biopolitisch so bedeutsamen Sexualhormone existierte zu Beginn der 1920er Jahre wiederum nur ein erprobtes Verfahren zur Identifizierung als »männlich« verstandener Sexualhormone: der schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts experimentell bewährte Hahnenkammtest. Die bei jung kastrierten Hähnen, den sogenannten Kapaunen, ausbleibende Entwicklung des Kammes konnte durch subkutane Darreichung von Hodenpräparaten reaktiviert werden.[59] Aber noch im Jahr 1924 existierte kein verlässliches Nachweisverfahren für »weibliche« Sexualhormone. Der Wiener Gynäkologe Otfried Fellner stellte um 1920 Präparate her, die sich als anregend auf das Wachstum des Uterus von Kaninchen erwiesen. Allerdings verlangte diese Prüfung die Tötung der Kaninchen. Fellner musste bei seinen Versuchen über zweitausend Tieren das Leben nehmen.[60] Dieses Nachweisverfahren war viel zu aufwendig, um im industriellen Maßstab eingesetzt zu werden. Der Anatom Edgar Allen und der Biochemiker Edward A. Doisy stellten folgerichtig fest, dass das Haupthindernis für die experimentelle Arbeit mit Ovarienextrakten im Mangel an einem praktikablen Nachweisverfahren bestehe. Ihre

57 Vgl. George Barger, Die Chemie der Hormone, in: Ergebnisse der Physiologie 27, 1928, S. 780–831.

58 Walther Gehlen, Vitamine und Vitaminpräparate, in: Zeitschrift für Ernährung 2, 1932, S. 97–103, hier S. 101.

59 Adolf Butenandt, Über die Isolierung und Reindarstellung des männlichen Sexualhormons (Testikelhormons), in: Forschungen und Fortschritte 8, 1932, S. 60; Nelly Oudshoorn, Beyond the Natural Body. An Archaeology of Sex Hormones, London/New York 1994, S. 49–53.

60 F. Wadehn, Über Sexualhormone, in: Angewandte Chemie 39, 1926, S. 468–473, hier S. 470 f.

eigenen Forschungen lieferten dann ein höchst überzeugendes Lösungsangebot. Zunächst wechselten sie das Versuchstier aus und experimentierten nicht mehr mit Kaninchen, sondern mit weißen Ratten und Mäusen. Die weibliche Ratte, dies war eines der zentralen Ergebnisse ihrer Versuche, durchlaufe in etwa acht Tagen einen Brunstzyklus, der durch die Beschaffenheit der Vaginalschleimhaut und des Scheidensekrets gekennzeichnet sei. Der Vaginalabstrich zeige, dass sich nur während des Östrus für zwei bis drei Tage gewisse Schollen – kernlose, verhornte Epithelzellen – nachweisen ließen. Dieses Schollenstadium, als »Cornifikation der Vaginalepithelien« Beweis eines funktionierenden Ovars, ließ sich dann beim kastrierten Weibchen durch die Injektion von Extrakten mit weiblichem Sexualhormon hervorrufen. Da bei Ratten- und Mäusen der Zyklus sehr kurz ist, erwiesen sich diese als hervorragende Versuchstiere. Vor allem aber war eine exakte und formalisierbare Dosierung möglich: Diejenige Menge Hormon, die im Laufe eines Tages eingespritzt, innerhalb von zwei bis drei Tagen den normalen Zyklus hervorrufe, nannten Allen und Doisy eine Ratteneinheit (*rat unit*). Das Hormon konnte dann ausgewertet und standardisiert werden.[61]

Den bahnbrechenden Arbeiten von Allen und Doisy folgten bald weitere exakte und praktikable biologische Testverfahren. Seit Ende der 1920er Jahre wurde die wirksame Substanz von ihren Erzeugerstätten und Beimengungen losgetrennt, in ihren chemischen und biologischen Eigenschaften analysiert und gekennzeichnet. Der Hormonforscher Hermann E. Voss, der selbst an einem praktikablen Alternativverfahren zum Hahnenkammtest forschte, war einer der ersten, der diese Methode mit der Arbeitsweise eines Pharmakologen verglich, der einen »arzneilichen Wirkstoff« isoliert. Die notwendige »Identitätsreaktion für den zu erforschenden Stoff« bestand in einem Prozess der gleichzeitigen Identifizierung und Reinigung: »In diesem unreinen Gemisch ist der gesuchte Wirkstoff mit enthalten, in dieser nun schon gereinigteren, von diesen oder jenen Ballaststoffen befreiten Verarbeitung ist der Wirkstoff noch vorhanden.«[62] Ein reines Hormon, so Carl Oppenheimer, das sei eben

---

61 Edgar Allen u. a., The Hormone of the Ovarian Follicle; Its Localization and Action in Test Animals, and Additional Points Bearing Upon the Internal Secretion of the Ovary, in: American Journal of Anatomy 34, 1924, S. 133–168, hier S. 138–140; Anne Fausto-Sterling, Sexing the Body. Gender Politics and the Construction of Sexuality, New York 2000, S. 179–183; Oudshoorn, Beyond the Natural Body, S. 42–48.

62 H. E. Voss, Das Fluidum der Geschlechtlichkeit, in: Die Umschau 31, 1927, S. 1029–1033, hier S. 1030.

ein Stoff, der bei den verschiedensten Versuchen, ihn weiter zu reinigen, keine wirksameren Einzelteile mehr ergebe.[63] Was noch fehlte und dann um 1930 durch Biochemiker realisiert wurde, war die chemische Strukturaufklärung, die es dann erlaubte, immer neue Reaktions- und Wirkungsweisen durchzuspielen.

Zu Beginn der 1930er Jahre war die Identität der Hormone und Vitamine nach zwei Jahrzehnten der Diskussion in Fachartikeln und populären Darstellungen stabilisiert. Die Erfolge bei der Isolierung des Insulins und des Vitamins D ebenso wie die Etablierung genauer und einfacher Testverfahren zum Nachweis von Sexualhormonen seit Mitte der 1920er Jahre hatten das Konzept der Wirkstoffe chemisch untermauert. So konnte der Biochemiker Karl-Heinrich Slotta 1934 eine prägnante Überblicksdarstellung der interdisziplinären Arbeit an den Wirkstoffen liefern, bei der es lohnt, sie ausführlich wiederzugeben: Hormone und Vitamine seien verhältnismäßig komplizierte organische Stoffe, die der Organismus zu ganz bestimmten Wirkungen in zwar außerordentlich geringer Menge, aber unbedingt benötige, da diese als Katalysatoren chemische Umsetzungen beschleunigten. Vitamine entstammten dem Pflanzenreich und würden normalerweise in genügendem Maße mit der Nahrung zugeführt; Hormone hingegen bilde der Organismus in den Drüsen mit innerer Sekretion. Die Herstellung des exakten Zusammenhangs zwischen dem Fehlen der Wirkstoffe und dem Auftreten von Mangelerscheinungen sei zugleich der biologische Nachweis des spezifischen Wirkstoffs. Ein solches quantitatives physiologisches Maß könne dann vom Chemiker in immer größerer Reinheit herausgearbeitet werden, bis eine kristallisierte, chemisch eindeutige Substanz vorliege. Dem Biologen sei es wiederum möglich zu ermitteln, wie viel Milligramm reinen Wirkstoffs einer solchen Ratten- oder Mäuseeinheit entspreche. Physiker, Mineralogen und Röntgenologen erforschten daraufhin die optischen und kristallografischen Eigenschaften und der Chemiker kläre den Bau des reinen Kristalls, indem er feststelle, welche Arten und wie viele Atome im Molekül enthalten seien. Sei der chemische Bau geklärt, so könne dann auch der Wirkstoff aus einfacher zu beschaffenden Ausgangsstoffen synthetisiert werden. Mit der Synthese der Reinsubstanz sei es dann möglich, das betreffende Präparat so billig herzustellen, dass es auch therapeutisch eingesetzt werden könne.[64]

---

63 Oppenheimer, Chemie der Hormone und Vitamine, S. 17.

64 Karl-Heinrich Slotta, Das Schwangerschafts-Hormon, in: Die Umschau 38, 1934, S. 909–912, hier S. 909 f.

Es ist dabei wichtig, dass, wie Latour es prägnant ausgedrückt hat, die Forschungsbewegung von den Attributen zur Substanz ging. Die Wirkung war zunächst realer als der Stoff, der bis weit in die 1920er Jahre seinen fiktiven Charakter erhielt, der in zahlreichen Geschichten auserzählt wurde.[65] In den 1930er Jahren verwies der Wirkstoffbegriff dann aber bereits auf jenes isolierte, in einer Summenformel darstellbare und auch synthetisch herstellbare Kristall, das verlässlich eine standardisierte physiologische Leistung erbringt. Wirkstoffe basierten nunmehr auf einer Kausalbeziehung zwischen chemischer Struktur und Dosis einerseits sowie Mangelerkrankung und Therapie andererseits.

Wirkungen und prekäre Stoffe: Die Krise der leistungsstarken Agentien

Im Sommer 1940 proklamierte der Chemiker und Nobelpreisträger Richard Kuhn, dass die Zeit, in der die Menschen neue Länder und Kontinente, neuartige Mineralschätze sowie neue Pflanzen und Tiere entdeckt hätten, vorbei sei. Gleichwohl gebe es noch auf sehr lange Zeit hinaus neue Kräfte, Stoffe und Wirkungen zu entdecken. Am eindrucksvollsten zeige sich dies im biologischen Nachweis und der chemischen Erkennung neuer Naturstoffe, die in kaum vorstellbar kleinen Mengen erstaunliche Wirkungen auf bestimmte Lebensäußerungen der Pflanzen und Tiere auszuüben vermöchten. Gemeinschaften von Chemikern mit Ärzten, Biologen und anderen, die solchen »Wirkstoffen des Lebens« nachjagten, seien nahezu in allen Ländern der Erde anzutreffen: »Man könne den Eindruck haben, dass diese Jagdgründe wahrhaft unermesslich seien. Immer wieder neue Wirkungen werden entdeckt, und immer wieder neue Stoffe isoliert, die sich als Träger dieser Wirkungen erweisen.«[66]

Zwar häuften sich um 1930 die Erfolgsmeldungen über die Isolierung von Hormonen und Vitaminen, aber ob überhaupt der rein dargestellte Wirkstoff

65 Heiko Stoff, Hormongeschichten. Wie sie in den Jahren 1928 bis 1954 von den Wissenschaftsjournalisten Walter Finkler und Gerhard Venzmer erzählt wurden, in: Zeitenblicke 7:3, 2008, http://www.zeitenblicke.de/2008/3/stoff/dippArticle.pdf [28.3.2023].

66 Richard Kuhn, Die Entdeckung physiologischer Wirkungen altbekannter Naturstoffe, in: Angewandte Chemie 53, 1940, S. 309–313, hier S. 309.

das bessere Therapeutikum war, stand dabei gar nicht fest. Die Wirkungszusammenhänge waren längst nicht alle geklärt. Der Biochemiker Max Dohrn hatte schon 1927 darauf hingewiesen, dass auch zahlreiche weitere Stoffe den Allen-Doisy-Test bestehen würden. Ihm gelang dies sogar mit Hodensubstanzen und er schloss daraus, dass man nicht mit Sicherheit behaupten dürfe, dass eine Substanz, welche die Erscheinung der Cornifikation bei Maus und Ratte auslöse, ein spezifisches Produkt der weiblichen Keimdrüsen sein könne.[67] Wenn chemisch unterschiedlichen Stoffen dennoch im Test die gleiche Wirkung zukam, konnten sie durchaus auch als gleichartige Stoffe definiert werden, etwa als Stoffe mit östrogener Wirkung. Fritz von Wessely berichtete schließlich 1940 davon, dass es etwa hundert Verbindungen mit östrogener Wirkung nach dem Allen-Doisy-Test gebe, die also einen als »Verweiblichung« bestimmten Einfluss auf die vaginale Schleimhaut ausübten, und die nicht zu den Steroiden gehörten, als welche die Östrogene mittlerweile identifiziert waren. Konsequent verwies er deshalb auf die Schwierigkeit, klare Beziehungen zwischen physiologischer Wirkung und chemischer Struktur aufzustellen.[68]

Es konnten so aber auch durch chemische Bastelarbeit andere, besser und günstiger herzustellende Stoffe produziert werden, welche die erwünschte Wirkung auslösten. Im März 1934 bat Adolf Butenandt bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft um die fortgesetzte Förderung seiner Arbeiten zu den Sexualhormonen mit der Begründung, dass die erst begonnenen synthetischen Versuche zur Darstellung von Stoffen mit östrogener Wirkung noch ausständen. Ebenso wichtig sei es, die Beziehungen zwischen Östrogenen und Sterinen, die Stellung des Östrogens im Sterinstoffwechsel und den Weg der Entstehung des Östrogens im Organismus zu untersuchen. Gleiches galt für das »Testikelhormon«: »Bei der Kostbarkeit des Materials steht nunmehr die sicherlich lösbare Aufgabe der künstlichen Darstellung dieses Hormons aus leicht zugänglichen Sterinen im Vordergrund des chemischen und des medizinisch-klinischen Interesses.«[69] Die Wirkstoffe gingen, wie es insbesondere der Wissenschaftshistoriker Jean-Paul Gaudillière gezeigt hat, in die

---

67 Max Dohrn, Ist der Allen-Doisy-Test spezifisch für das weibliche Sexualhormon?, in: Klinische Wochenschrift 6, 1927, S. 359–360.

68 F. v. Wessely, Über synthetische Östrogene, in: Angewandte Chemie 53, 1940, S. 197–202, hier S. 197 f.

69 Butenandt an die Notgemeinschaft, z. H. v. Schmidt-Ott, 12.3.1934, Bundesarchiv, R 73/10568. Vgl. dazu Stoff, Wirkstoffe, S. 141 f.

industrielle Produktion und wurden nunmehr an Fragen der Rationalisierung und Kostenersparnis, aber auch, wie es wiederum Beat Bächi für das Vitamin C herausgearbeitet hat, auf ihre Marktfähigkeit hin ausgerichtet.[70] Jene Stoffe, die durch standardisierte Wirkungen bestimmt waren, konnten nun auf weitere, andere Wirkungen untersucht werden. Und da sie sich als so leistungsstark erwiesen hatten, versprachen gewisse Änderungen an der Molekülstruktur wieder andere interessante Ergebnisse. Die synthetische Arbeit an den Naturstoffen bestimmte seit den späten 1930er Jahren die biochemische Forschung. Der Weg führte von der Wirkung zu den Stoffen zu den Wirkungen.

Die Kompetenz der unsichtbaren Wirkstoffe, in einer experimentellen Situation erstaunliche Leistungen zu vollziehen, machte diese jedoch zugleich auch verdächtig, auf eigenwillige Weise unerwünschte Reaktionen hervorzurufen. Je kompetenter sie waren, desto autonomer waren sie, unabhängiger von der Einflussnahme der Experimentierenden selbst und damit auch prekärer. Das Versprechen des durch Wirkstoffe regulierten und regulierbaren Körpers korrespondierte mit dem Schrecken des fehlgestalteten Organismus.[71] Wirkstoffe waren damit auch in eine Debatte über den reinen und den kontaminierten Körper sowie natürliche und künstliche Stoffe eingebunden, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts vor allem durch die in Deutschland eminent einflussreiche Lebensreformbewegung ausformuliert wurde.

Denn zu dieser Zeit wurde die Ernährungsphysiologie durch eine lebensreformorientierte »Neue Ernährungslehre« revolutioniert. Wirkstoffe wurden zum Garanten eines gesunden und leistungsstarken Menschen erklärt und damit Ernährungstechniken der gesunden Lebensführung eingeführt. Aber zeitgleich wurden synthetische Lebensmittelzusatzstoffe als »Fremdstoffe« definiert, die just das optimale Funktionieren des Körpers gefährdeten, ja, diesen sogar als Gifte durchfluteten.[72] Sowohl der wissenschaftliche als auch

---

70 Jean-Paul Gaudillière, Professional or Industrial Order? Patents, Biological Drugs, and Pharmaceutical Capitalism in Early Twentieth Century Germany, in: History and Technology 24:2, 2008, S. 107–133; Beat Bächi, Vitamin C für alle! Pharmazeutische Produktion, Vermarktung und Gesundheitspolitik (1933–1953), Zürich 2009. Vgl. auch Christina Ratmoko, Damit die Chemie stimmt. Die Anfänge der industriellen Herstellung von weiblichen und männlichen Sexualhormonen, 1914–1938, Zürich 2010.

71 Vgl. Viola Balz u. a. (Hrsg.), Precarious Matters/Prekäre Stoffe. The History of Dangerous and Endangered Substances in the 19th and 20th Centuries, Berlin 2008.

72 Heiko Stoff, Gift in der Nahrung. Zur Genese der Verbraucherpolitik in Deutschland Mitte des 20. Jahrhunderts, Stuttgart 2015, S. 47–58.

der öffentliche Fokus richtete sich in den 1940er Jahren auf die Identität der Fremdstoffe als krebserregende Substanzen, als Krebsnoxen. Der Naturkörper, so lautete ein hegemonialer Diskurs, muss vor den chemischen und technischen Kontaminatoren geschützt werden, die gleichermaßen als karzinogen und toxisch bezeichnet wurden. Die Bedeutung des Giftbegriffs im deutschsprachigen Raum zeigte sich insbesondere im Entstehen neuer, nur schwer übersetzbarer Giftarten im Laufe des frühen 20. Jahrhunderts, den »Genussgiften«, »Zivilisationsgiften«, »Umweltgiften« und »Summationsgiften«. Die viel beschworene Vergiftung der Lebensmittel durch Fremdstoffe gehörte zum Diskursfeld der Invasions- und Kontaminationsängste, der Schwächung eines Lebens, das doch eigentlich durch die Aktivität der Wirkstoffe gesichert wurde.

Mit dem Begriff der Fremdstoffe wurde das Verhältnis von innerem und äußerem Milieu neu verfasst. Das innere Milieu, Ort der Optimierung des chemisch regulierbaren Menschen, funktionsfähig durch die vitalen Wirkstoffe, wurde kontinuierlich durch die Fremdstoffe des zivilisationstechnisch ruinierten äußeren Milieus gefährdet. Beklagt wurde längst nicht mehr nur seitens der Lebensreformbewegung der Mangel an lebensnotwendigen und das Zuviel an lebensfeindlichen Stoffen. Während Naturstoffe die lebensnotwendigen Funktionen im Körper gestalteten, drohte den Lebensprozessen durch künstliche Stoffe größte Gefahr.[73] Der in den 1930er Jahren zunehmend Verwendung findende Begriff Fremdstoffe, dem im Französischen *substances étrangères* und das englische *foreign matter* entsprachen, war das Vehikel, um diese zivilisationskritische Erfassung vor allem von Konservierungsmitteln und Farbstoffen durchzusetzen. Der Volksschullehrer und Publizist Curt Lenzner unterschied im Vorwort seiner 1931 erstmals erschienenen populären Kampfschrift *Gift in der Nahrung* entsprechend fundamental zwischen »lebensnotwendige[n] Substanzen« und »giftige[n] Fremdstoffen«.[74]

Aus dieser Konstellation heraus ist dann auch erklärbar, warum Wirkstoffe Mitte des 20. Jahrhunderts nicht länger die lebensreformerischen Erwartungen erfüllen konnten und durch sogenannte Vitalstoffe ergänzt, wenn nicht sogar ersetzt wurden. Die in den 1950er Jahren im deutschsprachigen Raum popularisierte Vitalstofflehre basierte dabei, so vermerkte dessen Propagandist Hans-Adalbert Schweigart kategorisch, auf dem Wirkstoffprinzip, einer

73 Erwin Liek, Krebsverbreitung, Krebsbekämpfung, Krebsverhütung, München 1932, S. 160.

74 Curt Lenzner, Gift in der Nahrung, 2., umgearb. und erw. Aufl., Leipzig 1933 (1931), S. IX.

»vollkommenen qualitativen Versorgung des Organismus mit Wirkstoffen (Vitalstoffen)«.[75] Der Ernährungsforscher Wilhelm Heupke, dessen Karriere im Nationalsozialismus begonnen hatte, definierte die Vitalstoffe als jene große Zahl von Stoffen, »die oft nur in sehr kleiner Menge in der Nahrung vorhanden sind, jedoch lebenswichtige, ganz spezifische Funktionen haben. [...]. Diese Substanzen führen wir dem Körper nicht als Medikament, sondern mit der Nahrung zu.«[76] Der Begriff der Vitalstoffe musste den der Wirkstoffe ersetzen, weil Letzterer durch die Einbeziehung synthetischer Hormone und Vitamine selbst prekär geworden war und zumindest teilweise auch den Fremdstoffen zugeordnet werden konnte. Zudem bedeutete die Engführung der Wirkstoffe auf eine spezifische physiologische Leistung, dass diese kaum noch jene vitalen Erwartungen erfüllen konnten, die ihnen durch den Stoffbegriff des 19. Jahrhunderts eingeschrieben worden waren. Der biologische und physiologische Wirkstoffbegriff war zunächst chemisiert, dann pharmakologisiert und so schließlich substanzialisiert worden.[77] Der utopische Gehalt des Begriffs der Wirkstoffe, der eng an deren Bestimmung als Naturstoffe gebunden war, wechselte Mitte des 20. Jahrhunderts also zu den schließlich auch auf dem alternativmedizinischen Gesundheitsmarkt erfolgreichen Vitalstoffen. Gleichwohl blieben Hormone und Vitamine weiterhin aktivierbare Agentien, wenn es um »absolute Gesundheit« und »ewige Jugend« ging und geht. Und auch die Enzyme werden bis heute als »Wirkstoffe des Lebens« vermarktet.[78]

Für die Aktivierung der Hormone und Vitamine als leistungsstarke Agentien zur Bewältigung von Mangelzuständen benötigte es in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Bezeichnung als Wirkstoffe nicht mehr, denn die Revolution des Leistungskörpers war Mitte des 20. Jahrhunderts erfolgreich durchgesetzt. Auch eine Debatte über die sukzessive Neuausschreibung des Begriffs als pharmakologischer, pharmazeutischer und biologischer Wirkstoff musste deshalb gar nicht erst stattfinden. Zeitgenössisch scheint jedenfalls niemand die semantische Verschiebung bemerkt zu haben. Die neue Physiologie eines regulierten und regulierbaren Körpers war etabliert. Und die diffe-

---

75 Hans-Adalbert Schweigart, Klassische Ernährungslehre – dynamische Vitalstofflehre, in: Vitalstoffe 4, 1959, S. 1–7, hier S. 2.

76 Wilhelm Heupke, Störungen der Vitalstofftherapie durch Fremdstoffe der Nahrung, in: Vitalstoffe 1, 1956, S. 136–140, hier S. 136.

77 Vgl. Barbara Orland, Nutrients: About the Invention of Good Things that can Harm your Body, in: Balz u. a. (Hrsg.), Precarious Matters, S. 141–154; Stoff, Wirkstoffe, S. 280–287.

78 Siehe z. B. Volkmar Eberlein, Enzyme – Wirkstoffe des Lebens, Ottweiler 1992.

renzierte Forschung zu Enzymen, Hormonen und Vitaminen machte es nicht mehr nötig, diese unter einem Begriff zu fassen. In Peter Karlssons Lehrbuch der Biochemie kam nur noch den Enzymen eine zentrale Rolle zu. Hormone und Vitamine wurden in einzelnen Abschnitten thematisiert – und eine Gruppe der »Wirkstoffe« musste nicht weiter konstituiert werden.[79]

Fazit: Eine Begriffsgeschichte der Wirkstoffe

Auf die große Bedeutung einer Begriffsgeschichte der Naturwissenschaften wird seit den 1990er Jahren – namentlich unter Bezug auf Hans Blumenberg, Georges Canguilhem, Ludwik Fleck und Michel Foucault – hingewiesen. Diese wolle zeigen, so schreiben Ernst Müller und Falko Schmieder, »wie der Bedeutungswandel von Begriffen zusammenhängt mit kulturellen Leitvorstellungen, medialen Techniken und Experimentierverfahren«.[80] Die begriffsgeschichtliche Genealogie kann dabei auch sehr genau herausarbeiten, wie experimentelle Praktiken überhaupt erst dadurch verfügbar erscheinen, dass sie an historisch spezifischen Problematisierungen ausgerichtet und an ein Gefüge von Technizität, Sozialität und Materialität gebunden sind.

Der Begriff »Wirkstoffe« umfasste zu Beginn des 20. Jahrhunderts einen ebenso materialistisch wie vitalistisch aufgeladen Stoffbegriff und war doch vor allem abhängig von der Standardisierung einer Wirkung. Diese war durch ein Experimentalsystem der Hervorbringung und Aufhebung von Mangelsituationen gegeben, die überhaupt erst auf ein leistungsfähiges Agens verwiesen, das sich in Testverfahren beweisen musste. Die experimentalphysiologischen und chemischen Methoden, um dieses als Hormon oder Vitamin herauszuarbeiten, bezeichnen – entsprechend einer Bewegung von der Wirkung zum Stoff – einen Prozess der Materialisierung, der nicht getrennt von seiner historischen Semantik verstanden werden kann. Mit der Bearbeitung des so gewonnenen Stoffes konnten dann wiederum neue und noch wirkungsvollere Leistungen gebastelt werden.

79 Peter Karlson, Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler, 13., neubearb. Aufl., Stuttgart/New York 1988 (1961).

80 Ernst Müller/Falko Schmieder, Einleitung, in: dies. (Hrsg.), Begriffsgeschichte der Naturwissenschaften. Zur historischen und kulturellen Dimension naturwissenschaftlicher Konzepte, Berlin 2008, S. XI-XXIII, hier S. XVI.

Hormone und Vitamine wurden zusammen mit den Enzymen als Agentien dargestellt, denen bei den Lebensprozessen von Organismen eine zentrale gestaltende und erhaltende Bedeutung zukommt. Der Begriff der Wirkstoffe konnte damit einen transnationalen Forschungsbereich, der Biologie, Physiologie und Chemie umfasste, im deutschsprachigen Raum an Diskurse über das Lebendige anschließen, die im 19. Jahrhundert vitalistisch und materialistisch ausformuliert worden waren. Dadurch dass der prekär gewordene Wirkstoffbegriff Mitte des 20. Jahrhunderts diesen Aspekt nicht länger beinhaltete und maßgeblich durch die Leitkonzepte von Mangel und Leistung geprägt wurde, lässt sich auch dessen Ausdifferenzierung in Fremd- und Vitalstoffe erklären. Allerdings ging die Bedeutungsverschiebung keineswegs mit einer Destabilisierung des Wirkstoffbegriffs selbst einher, der zeitgleich auf die sehr tragfähige Funktion der physiologischen, biologischen und pharmakologischen Wirkung reduziert wurde. Während das Problem des Lebendigen seitdem molekulargenetisch verhandelt wird, kommt dem Wirkstoff eine schlichte, aber konstitutive Rolle für die Wertermittlung von Arzneimitteln zu. In den Enzymen, Hormonen und Vitaminen jedoch ist jene Begriffsgeschichte, die vom Wirken zum Stoff und wieder zum Wirken führte, weiterhin aufgehoben.

Ohne Kalkstein keine Industrialisierung?

Plädoyer für eine erweiterte Rohstoffgeschichte

Sebastian Haumann

Der Wechsel von Holz und Holzkohle zu Steinkohle als Brennstoff gilt gemeinhin als Voraussetzung für die Industrialisierung. In der historischen Forschung ist viel darüber diskutiert worden, inwieweit die tiefgreifende ökonomische, technologische, soziale und schließlich auch ökologische Transformation, die zuerst in Europa einsetzte und dann weitere Teile der Welt erfasste, ohne diesen Energieträger möglich gewesen wäre.[1] Beginnend mit Werner Sombarts Diagnose der »Holzbremse«,[2] über die »Great Divergence«, die Kenneth Pomeranz beschrieben hat,[3] bis hin zu den jüngsten Debatten um das »Anthropozän«,[4] immer wird die Verfügbarkeit von Steinkohle als Schlüsselmoment aufgeführt. Zweifelsohne hat der Zugriff auf die

1 Vgl. Rolf Peter Sieferle u. a., Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung, Köln 2006; Rolf Peter Sieferle, Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution, München 1982; Edward A. Wrigley, Energy and the English Industrial Revolution, Cambridge 2010; Jochen Streb, Energiewenden aus historischer Perspektive, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 56, 2015, S. 587–610; Patrick Kupper, Umweltgeschichte, Göttingen 2021, S. 91–95.

2 Werner Sombart, Der moderne Kapitalismus, Bd. 3. Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus, Leipzig 1928, S. 99 f.; siehe auch Joachim Radkau, Holzverknappung und Krisenbewusstsein im 18. Jahrhundert, in: Geschichte und Gesellschaft 9:4, 1983, S. 513–543; Bernd-Stefan Grewe, »Man sollte sehen und weinen!«. Holznotalarm und Waldzerstörung vor der Industrialisierung, in: Frank Uekötter (Hrsg.), Wird Kassandra heiser? Die Geschichte falscher Ökoalarme, Stuttgart 2004, S. 24–40.

3 Kenneth Pomeranz, The Great Divergence. China, Europe and the Making of the Modern World Economy, Princeton, NJ 2000; siehe auch Shellen Xiao Wu, Empires of Coal. Fueling China's Entry into the Modern World Order, 1860–1920, Stanford 2015.

4 Christophe Bonneuil/Jean-Baptiste Fressoz, The Shock of the Anthropocene. The Earth, History and Us, London 2017; Jeremy Davies, The Birth of the Anthropocene, Oakland 2016; Helmuth Trischler, The Anthropocene. A Challenge for the History of

billigen fossilen Energieträger das exponentielle Wachstum der letzten beiden Jahrhunderte ganz wesentlich mitbestimmt. Daneben spielten aber auch andere Rohstoffe eine zentrale Rolle für die industrielle Entwicklung: Baumwolle für die mechanisierte Textilherstellung,[5] Stickstoff für die Steigerung der Agrarproduktion,[6] Kupfererze für die Elektroindustrie[7] und, nicht zuletzt, Eisenerze für die Eisen- und Stahlindustrie.[8]

Weniger bekannt ist demgegenüber die Relevanz von Rohstoffen, die etwa in der Eisen- und Stahlindustrie allenfalls als »Hilfsstoffe« galten und gelten, wie Kalkstein. Tatsächlich wurde der Rohstoff Kalkstein nicht nur in erheblichem Umfang genutzt, er war auch unabdingbar für das Funktionieren des Produktionssystems der Eisen- und Stahlindustrie, das mit einigem Recht als Zentrum des Industrialisierungsprozesses gedeutet wird.[9] Damit war der Energiereichtum, den die Steinkohle bot, eine notwendige, aber eben keine hinreichende Bedingung für das industrielle Wachstum. Vielmehr basierte die Industrialisierung auch auf der Verfügbarkeit einer immer weiter wachsenden Palette von Rohstoffen, über die wir bereits vieles, aber bei Weitem nicht alles wissen.

Ohne Kalkstein also keine Industrialisierung? Diese kontrafaktische Frage ist geeignet, um für Zusammenhänge zu sensibilisieren, die in der bisherigen Forschung nicht in den Blick genommen worden sind. Kalkstein diente und

---

Science, Technology, and the Environment, in: NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 24:3, 2016, S. 309–335.

5 Sven Beckert, King Cotton. Eine Globalgeschichte des Kapitalismus, München 2014; Giorgio Riello, Cotton. The Fabric that Made the Modern World, Cambridge 2013.

6 Hugh Scott Gorman, The Story of N. A Social History of the Nitrogen Cycle and the Challenge of Sustainability, New Brunswick 2013; Jens Soentgen/Gerhard Ertl (Hrsg.), N. Stickstoff – ein Element schreibt Weltgeschichte, München 2015.

7 Timothy J. LeCain, Mass Destruction. The Men and Giant Mines that Wired America and Scarred the Planet, New Brunswick, NJ 2009.

8 Georg Fischer, Globalisierte Geologie. Eine Wissensgeschichte des Eisenerzes in Brasilien (1876–1914), Frankfurt am Main 2017; Hanna Vikström, The Specter of Scarcity. Experiencing and Coping with Metal Shortages, 1870–2015, Diss., KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 2017; Anne Kelly Knowles, Mastering Iron. The Struggle to Modernize an American Industry, 1800–1868, Chicago, Ill. 2013; Rainer Fremdling, Technologischer Wandel und internationaler Handel im 18. und 19. Jahrhundert. Die Eisenindustrien in Großbritannien, Belgien, Frankreich und Deutschland, Berlin 1986.

9 Sebastian Haumann, Kalkstein als »kritischer« Rohstoff. Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930, Bielefeld 2020.

dient als Zuschlagsmaterial der Eisen- und Stahlherstellung. Das Gestein wurde im Hochofen zusammen mit Kohle und Eisenerzen verschmolzen, um einerseits in den Erzen vorhandene Unreinheiten in der Schlacke zu binden und andererseits um die Viskosität der geschmolzenen Masse zu regulieren. Auch in den Produktionsschritten, in denen das Roheisen zu Stahl weiterverarbeitet wurde, kam gebrannter Kalkstein und der verwandte Dolomit zum Einsatz. Die Verfügbarkeit des Rohstoffs Kalkstein war also wichtig für die Eisen- und Stahlproduktion, wie sie sich in der Mitte des 19. Jahrhunderts durchsetzte.[10] Dessen ungeachtet war der Rohstoff im zeitgenössischen Verständnis nicht zentral: Er bot pragmatische Lösungen für die drängenden technologischen und ökonomischen Herausforderungen und wurde in großen Mengen eingesetzt, aber eine systemische Bedeutung wurde dem Material nicht zugesprochen. Die historische Forschung hat dieses Aufmerksamkeitsdefizit reproduziert: Auch im Rückblick erscheint die Nutzung von Kalkstein von untergeordneter Bedeutung – oder genauer: Es drängt sich der Eindruck auf, dass die Nutzung von Kalkstein keine zwingende Bedingung für die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie darstellte. Gerade weil es zunächst nicht unmittelbar einzusehen ist, warum genau dieser Rohstoff eine Voraussetzung industrieller Entwicklung im 19. Jahrhundert gewesen sein soll, bietet die Auseinandersetzung mit dem Kalkstein aber die Möglichkeit, das Potenzial einer erweiterten Rohstoffgeschichte auszuloten.

Eine erweiterte Rohstoffgeschichte der Industrialisierung ist nicht nur geeignet, um Forschungslücken zu schließen, indem sie Rohstoffe in den Blick nimmt, über die bisher wenig bekannt ist, sondern sie regt zum Perspektivwechsel an. Denn diese Rohstoffe zeichnen sich zum einen dadurch aus, dass ihre systemische Bedeutung weder zeitgenössisch noch in der historischen Forschung besondere Aufmerksamkeit erfahren hat, was die Frage aufwirft, wie sich deren Relevanz stattdessen angemessen bestimmen lässt. Zum anderen lenkt diese Perspektive die Aufmerksamkeit auf die Pfade von Stoffen auf dem »Weg« in das Produktionssystem, also darauf, warum bestimmte Stoffe verwendet wurden und inwieweit es Alternativen zu ihrer Nutzung gab. Insgesamt unterstreicht diese Perspektivverschiebung die Vielfältigkeit und Offenheit der historischen Rohstoffnutzung. Das Erkenntnispotenzial einer

10 Vgl. Manfred Rasch (Hrsg.), Der Kokshochofen. Entstehung, Entwicklung und Erfolg von 1709 bis in die Gegenwart, Essen 2015; ders. (Hrsg.), Das Thomas-Verfahren in Europa. Entstehung – Entwicklung – Ende, Essen 2009.

erweiterten Rohstoffgeschichte liegt folglich in der Herangehensweise, die Fragen nach Alternativen, Pfaden und Kontingenzen ins Zentrum rückt.

Am Beispiel des Kalksteins werde ich im ersten Teil des Aufsatzes einige Erkenntnisse skizzieren, die eine erweiterte Rohstoffgeschichte der Industrialisierung liefern kann. Dabei werde ich einerseits die spezifische Funktion untersuchen, die das Gestein in der Eisen- und Stahlindustrie einnahm, und andererseits darlegen, wie das Material als Rohstoff definiert wurde und welche Konsequenzen diese Definition hatte. Im zweiten Teil werde ich in Anlehnung an Konzepte der Social Construction of Technology (SCOT) diskutieren, wie die Bedeutung von Rohstoffen – vermittelt über deren Funktion in Produktionssystemen – zu interpretieren ist. Demnach werden Rohstoffe in Konstruktionsprozessen definiert, an denen so unterschiedliche Akteure wie Unternehmer, Ingenieure oder Experten der staatlichen Institutionen beteiligt sind. In diesen Prozessen werden Stoffe zum Rohstoff und historisch relevant. Im dritten Teil wende ich mich den methodischen Herausforderungen einer erweiterten Rohstoffgeschichte zu, die zunächst einmal durch das zeitgenössische Aufmerksamkeitsdefizit und eine damit einhergehende schwierige Quellenlage gekennzeichnet sind. Ich werde zeigen, wie der Fokus auf die Praktiken, in denen Rohstoffe verwendet wurden, helfen kann, die Bedeutung von Rohstoffen zu rekonstruieren. Denn während Rohstoffe wie Kalkstein vergleichsweise selten explizit Thema von Berichten, Untersuchungen oder Plänen waren, sind die Praktiken, in denen sie verwendet wurden, durchaus umfassend dokumentiert. Für eine solche Analyse können die konventionell herangezogenen Quellen der Wirtschafts- und Technikgeschichte gegen den Strich gelesen werden. Der Fokus auf Praktiken erlaubt es darüber hinaus auch, das Handeln menschlicher Akteur:innen mit der Eigenaktivität der Stoffe in Verbindung zu setzen. Aus dieser Perspektive werde ich in einem vierten und abschließenden Teil skizzieren, wie eine erweiterte Rohstoffgeschichte verschiedene historische Subdisziplinen und Fragestellungen zu einer transversalen Geschichte verbinden und einen Beitrag zu den aktuellen Debatten über eine Ressourcenwende leisten kann.

Die Funktion des Rohstoffs Kalkstein

Ohne Kalkstein keine Industrialisierung? Die zugespitzte Ausgangsfrage ist erklärungsbedürftig. Sie scheint wenig angebracht, weil Kalkstein praktisch unbegrenzt zur Verfügung steht. In der Tat wurde und wird das Gestein an un-

zähligen Orten auf der Welt vor allem für die Bauindustrie und die Landwirtschaft in großen Mengen gefördert, sodass das Szenario eines Kalksteinmangels, auf das die kontrafaktische Frage hindeutet, als extrem unwahrscheinlich gelten kann.[11] Außerdem liegt die Vermutung nahe, dass ein anderes Material ebenso gut als Zuschlag für die Eisen- und Stahlherstellung hätte benutzt werden können. Obwohl die Geschichte der Zuschlagsmaterialien weitgehend unerforscht ist, ist auch dieses Argument nicht ganz von der Hand zu weisen. Die wenigen Hinweise in der Literatur zur Geschichte der Eisen- und Stahlindustrie legen nahe, dass lange Zeit mit verschiedensten Gesteinsarten als Zuschlag mehr oder weniger erfolgreich experimentiert wurde, die gegenseitig substituierbar gewesen zu sein scheinen.[12] Allerdings sind beide Argumente, so plausibel sie klingen, stark verkürzend. Sie können nicht erklären, warum eine eng definierte Sorte Kalkstein, die gerade nicht beliebig verfügbar oder ersetzbar war, Mitte des 19. Jahrhunderts zu einem neuralgischen Punkt der industriellen Entwicklung wurde.[13]

In den Jahrzehnten um 1850 prägte eine Entwicklungsdynamik die Eisen- und Stahlindustrie, die große Spielräume für die Rohstoffnutzung eröffnete.

---

11 Vgl. Alexandra Bekasova, From Common Rocks to Valuable Industrial Resources. Limestone in Nineteenth-Century Russia, in: The Extractive Industries and Society 7, 2020, S. 8–19; Marion Kaiser, »Freilich ist die Industrie oft ein Feind der Romantik – erstere aber gewinnbringend«. Konflikte durch den Kalksteinabbau an der Lahn, in: Der Anschnitt 67:1, 2015, S. 15–28; Gernot Wittling, Der Staat als Innovator im Rüdersdorfer Kalkbergbau während der Frühindustrialisierung, in: Ekkehard Westermann (Hrsg.), Vom Bergbau-zum Industrierevier, Stuttgart 1995, S. 113–124; Werner Kasig/Birgit Weiskorn, Zur Geschichte der deutschen Kalkindustrie und ihrer Organisationen, Düsseldorf 1992; Helmuth Albrecht (Hrsg.), Kalk und Zement in Württemberg. Industriegeschichte an Südrand der Schwäbischen Alb, Ubstadt-Weiher 1991; Roger L. Grindle, The Maine Lime Industry. A Study in Business History, 1880–1900, Ann Arbor 1971.

12 Siehe etwa Andreas Koerner, Die Phoenixhütte in Borbeck, 1847–1926, in: Beiträge zur Geschichte von Stadt und Stift Essen 109, 1997, S. 9–54, hier S. 20; Hans Seeling, Télémaque Fortuné Michiels, der Phoenix und Charles Détillieux. Belgiens Einflüsse auf die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands im 19. Jahrhundert, Köln 1996, S. 92–95; Wilfried Feldenkirchen, Zum Einfluss der Standortfaktoren auf die Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebiets (bis 1914), in: Fritz Blaich (Hrsg.), Entwicklungsprobleme einer Region. Das Beispiel Rheinland und Westfalen im 19. Jahrhundert, Berlin 1981, S. 47–87, hier S. 56–60; Ulrich Troitzsch, Innovation, Organisation und Wissenschaft beim Aufbau von Hüttenwerken im Ruhrgebiet, 1850–1870, Dortmund 1977, S. 38.

13 Vgl. Sebastian Haumann, »Critical« and Scarce? The Remarkable Career of Limestone, 1850–1914, in: European Review of History 27:3, 2020, S. 273–293.

Seit Beginn des Jahrhunderts stellten sich immer mehr Unternehmer und Ingenieure in Regionen, in denen Steinkohlevorkommen bekannt waren, der Herausforderung, das Produktionssystem umzustellen, wie es bereits seit Mitte des 18. Jahrhunderts in Großbritannien zunehmend gelang. Aus ökonomischen wie politischen Gründen nahm im Laufe des 19. Jahrhunderts der Druck zu, auf den billigeren Brennstoff zurückzugreifen, um nicht in technologischen Rückstand zu gelangen. Zudem erlaubte die höhere Festigkeit und Tragfähigkeit der Steinkohlen, größere Hochöfen in Betrieb zu nehmen, die erheblich größere Mengen an Roheisen produzieren konnten. In Preußen nahmen zwischen den 1820er und 1850er Jahren die Versuche zu, lokal verfügbare Eisenerze und Steinkohlen in den neu konstruierten Kokshochöfen zu verhütten. Viele Versuche scheiterten jedoch vorerst, weil es nicht gelang, eine Rohstoffzusammensetzung zu finden, die zu brauchbarem Roheisen führte – oder zumindest weil diese keine unmittelbaren Kostenvorteile gegenüber den herkömmlichen Verhüttungstechniken mit Holzkohle mit sich brachten. Aus metallurgischer Sicht war Steinkohle ohnehin nicht besonders attraktiv. Der Schwefelanteil des fossilen Brennstoffs war in der Regel hoch und das Roheisen, das damit produziert werden konnte, galt als minderwertig, weil die Weiterverarbeitung aufwendiger war.[14]

Vor allem aber schwankten die Eigenschaften der Steinkohle, die in den thermochemischen Prozessen im Hochofen mit den Eisenerzen reagierten. Es sei zu beobachten, so der Bergbeamte Conrad Heußler über einen der modernsten Kokshochöfen in Preußen Ende der 1850er Jahre, »daß […] Kohlen aus verschiedenen Bezugsquellen […] und […] die Gattierung [Zusammenstellung; S. H.] der Erze […] eine sehr ungleichmäßige« sei.[15] Je größer die benötigten

---

14 Vgl. Ralf Banken, The Diffusion of Coke Smelting and Puddling in Germany, 1796–1860, in: Chris Evans/Göran Ryden (Hrsg.), The Industrial Revolution in Iron. The Impact of British Coal Technology in Nineteenth-Century Europe, Aldershot 2005, S. 55–73; Rainer Fremdling, Transfer Patterns of British Technology to the Continent. The Case of the Iron Industry, in: European Review of Economic History 4, 2000, S. 195–222; Gottfried Plumpe, Die württembergische Eisenindustrie im 19. Jahrhundert. Eine Fallstudie zur Geschichte der industriellen Revolution in Deutschland, Stuttgart 1982; Irmgard Lange-Kothe, Die ersten Kokshochöfen in Deutschland, besonders im Rheinland und Westfalen, in: Stahl und Eisen 85, 1965, S. 1053–1061; sowie verschiedene Beiträge in Rasch (Hrsg.), Der Kokshochofen.

15 Conrad Heusler, Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben-und Hütten-Vereins zu Hochdahl, 1859, Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz (GStAPK), 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 64.

Mengen Steinkohle, desto mehr wurde die Heterogenität des Materials zum Problem.[16] Die Qualitätsschwankungen des Brennstoffs waren eine Herausforderung, die zur Anpassung des gesamten Produktionssystems zwang.

Eine aus metallurgischer Sicht naheliegende Lösung war es, auf Zuschläge zurückzugreifen, die dem Hochofen gezielt zugeführt werden konnten, um die Schwankungen zu kompensieren. Die Auswahl und Dosierung der Zuschläge gehörten zum jahrhundertealten Wissen, das Hüttenleute im Umgang mit unterschiedlichen Erzsorten entwickelt hatten.[17] Nun übertrugen sie das Prinzip auf den Umgang mit den stark schwankenden Eigenschaften der Steinkohle. So stellte auch Heußler fest, die Zuschläge seien nicht nur »Basis zur Verschlackung der Kieselsäure [aus Eisenerzen; S. H.]«, sondern könnten auch »zur Aufnahme des Schwefels [aus der Steinkohle; S. H.]« dienen.[18] Diese Maßnahme wiege, so Heußler, »manche Nachtheile auf, welche durch die Verwendung der […] Fettkohlen von der Ruhr […] hervorgerufen werden«.[19] Das Prinzip war nicht neu, wohl aber der Anwendungszusammenhang, der sich nun nicht mehr nur auf die heterogene Zusammensetzung verschiedener Eisenerzsorten richtete, sondern auf die ungleichmäßigen Eigenschaften der Steinkohle. Der Einsatz von Zuschlägen war insofern ein »Hilfsmittel«, als es die Hüttenleute in die Lage versetzte, die thermochemischen Prozesse im Hochofen zu steuern. Zuschläge hatten eine kompensatorische Funktion, die es ermöglichte, Hochöfen auch mit Steinkohlekoks als Brennstoff über Jahre hinweg kontinuierlich und ohne einen Qualitätsrückgang oder Einbußen der Produktivität zu betreiben.

Um diese Funktion bestmöglich auszufüllen, konnten preußische Ingenieure und Unternehmer, die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit Kokshochöfen experimentierten, zunächst auf ganz unterschiedliche Zuschlagsmaterialien zurückgreifen. Kalkstein war nur eines davon und nicht

16 Nora Thorade, Das Schwarze Gold. Eine Stoffgeschichte der Steinkohle im 19. Jahrhundert, Paderborn 2020, S. 185–197; Helge Wendt, Kohlezeit. Eine Global- und Wissensgeschichte (1500–1900), Frankfurt am Main 2022, S. 130.

17 Carl Hartmann, Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. 1: Die Lehre von den Eigenschaften des Eisens, desgleichen die von den Eisenerzen, den Brennmaterialien, den Gebläsen und der Roheisenerzeugung enthaltend, Berlin 1833, S. 167 f.; Carl Johann Bernhard Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. 2: Von den Eisenerzen, von den Brennmaterialien und von den Gebläsen, 3. Aufl., Berlin 1841 (1816), S. 188 f.

18 Conrad Heusler, Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben- und Hütten-Vereins zu Hochdahl, 1859, GStAPK, 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 49.

19 Ebd.

einmal das am weitesten verbreitete. In zeitgenössischen Bestandsaufnahmen wurde eine ganze Reihe von Stoffen als potenziell geeignet geführt: »Kalktuff«, »Thonerde«, »Quarz«, »Mergel«, »Dolomit«, »Flußspath«, »Sandstein«, »Basalt« und »Wacke«.[20] Auch in der einschlägigen Handbuchliteratur, hieß es zu Zuschlägen aus »Borax«, »Flussspath«, »Kalk« oder »Glas«: Die »verschiedenen Zusammensetzungen der Flüsse müssen nicht als unveränderlich angesehen werden«.[21] Noch 1839 konstatierte der Hüttenfachmann Carl Hartmann: »Ausser den eigentlichen Flüssen, dem Kalkstein, dem Thon, dem Quarz und dem Mergel, gibt es noch [...] Hornblende, Basalt, besonders die Wacke und de[n] Granat. Wo man Gelegenheit hat, diese Mineralien anzuwenden, nimmt man sie gern«.[22] Lange Zeit geschah dies auf Grundlage von Erfahrung oder basierte auf Zufallsfunden und war selten das Ergebnis systematischer Bemühungen im Bereich von Forschung und Entwicklung. So hat David Landes die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie im frühen 19. Jahrhundert treffend als »cookery« bezeichnet, bei der das praktische Erproben verschiedener Rohstoffsorten dominierte.[23] Deshalb sahen die Zeitgenoss:innen vielfältige Möglichkeiten, um die thermochemischen Reaktionen im Kokshochofen mittels eines Zuschlags zu regulieren und die Schwankungen der Kohlequalität zu kompensieren.

Dass am Ende ein besonderer Kalkstein zum einzigen Zuschlagsmaterial wurde, das in den Hochöfen zum Einsatz kam, war zunächst einmal vor allem das Ergebnis sozialer Konstruktion. Der Blick nach Großbritannien und nach Belgien, wo schon in den 1830er Jahren große Kokshochofenwerke entstanden waren, legte nahe, dass kalkhaltiges Gestein geeignet war, um die herausfordernden Eigenschaften der Steinkohle zu bewältigen.[24] Aber wie genau dieses

20 Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. 2, S. 189–192; Philipp Ferdinand Engels, Bemerkungen über allgemeine Betriebsverhältnisse auf den Eisenhütten zu Asbach und Rheinböllen, 12.10.1838, Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, Abteilung Westfalen, Münster (LAV NRW W), Oberbergamt Dortmund, 1216.

21 Carl Hartmann, Practische Eisenhüttenkunde, oder systematische Beschreibung des Verfahrens bei der Roheisenerzeugung und der Stabeisenfabrication nebst Angaben über die Anlage und den Betrieb von Eisenhütten, Bd. 1, Weimar 1839, S. 12.

22 Ebd., Bd. 1, S. 20 f.

23 David S. Landes, The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge 1969, S. 178.

24 Vgl. René Leboutte, The Industrial Region of Liège in the 19th Century, in: Toni Pierenkemper (Hrsg.), Die Industrialisierung europäischer Montanregionen im 19. Jahrhundert, Stuttgart 2002, S. 277–299, hier S. 286–289; Ulrich Troitzsch, Belgien als Vermittler technischer Neuerungen beim Aufbau der eisenschaffenden Industrie

Gestein zusammengesetzt und beschaffen sein musste, blieb lange Zeit unklar. Im westlichen Ruhrgebiet, wo sich zwischen 1851 und 1856 eines der größten Cluster der Eisenproduktion entwickelte, folgte die Auswahl letztlich ökonomischen Erwägungen.

Die frühen Hüttengründungen in Oberhausen, Mülheim, Essen, Duisburg, aber auch im Raum Düsseldorf, waren mit einer Reihe von Kalksteinbruchbetrieben im Niederbergischen Land verbunden, im Neandertal, im Umland von Ratingen und westlich von Elberfeld. Viele Investoren, die den Aufbau der Hüttenwerke finanzierten, waren zugleich auch an Steinbruchbetrieben beteiligt.[25] Auch die Vorteile einer guten Bahnanbindung waren ein wichtiges Kriterium. Entscheidend war aber die Erwartung, dass der Kalkstein aus den Steinbrüchen, die in den vergleichsweise großen und homogenen Vorkommen im Niederbergischen Land gelegen waren, in großen Mengen und mit gleichbleibenden Eigenschaften zur Verfügung stand. Dieser letztere Aspekt war extrem wichtig. Damit der Kalkstein seine kompensatorische Funktion zuverlässig erfüllen konnte, kam es darauf an, dass das verwendete Gestein über die gesamte mehrjährige Betriebsdauer der Hochöfen möglichst homogen blieb. Aus diesem Grund, und nicht etwa, weil anderes kalkhaltiges Gestein für den Hochofen prinzipiell ungeeignet war, legten sich die Hüttenwerke im westlichen Ruhrgebiet in den 1850er Jahren auf eine ganz bestimmte Kalksteinsorte fest.[26]

Diese pragmatische, aber nicht zwingende Festlegung wurde zum Ende der 1850er Jahre, gewissermaßen nachholend, durch chemische Normierung und die Definition eines Qualitätsstandards für Kalkstein rationalisiert. Ganz allgemein griffen Hüttenunternehmen in dieser Phase der Industrialisierung

---

im Ruhrgebiet um 1850, in: Technikgeschichte 39:2, 1972, S. 142–158; Philipp Ferdinand Engels, Nachrichten über mehrere im Königreich Belgien in Betrieb stehende Eisenhüttenwerke und den daselbst stattfindenden Coak-Hochofen-Betrieb. Des Reiseberichts I. Abtheilung, 9.9.1844, Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, Abteilung Rheinland, Duisburg (LAV NRW R), BR 101, 475.

25 Vgl. Hans Seeling, Zur Geschichte der Hochdahler Hütte und ihrer Gründer, in: Düsseldorfer Jahrbuch 55, 1975, S. 108–130; Dieter Beckmann, Die Entwicklung der Kalkindustrie im Bergisch-Märkischen Raum. Eine wirtschaftsgeographische Skizze, in: ders./Hans Knübel (Hrsg.), Beiträge zur Landeskunde des Bergisch-Märkischen Raumes, Wuppertal 1981, S. 187–224; Manfred Schürmann, Die Marmorschleifer aus dem Neandertal. Beckershoff, Pieper und der Kalk, in: Journal. Jahrbuch des Kreises Mettmann 8, 1989, S. 42–46.

26 Haumann, Kalkstein als »kritischer« Rohstoff, S. 59–62.

zunehmend auf wissenschaftliche Erkenntnisse und Modelle der Chemie zurück.[27] Sie stellten Chemiker ein, die Rohstoffe in neu errichteten Laboren systematisch auf ihre Bestandteile untersuchten, um den Hochofenprozess weiter zu optimieren und auf dieser Basis »strategische Produktionsentscheidungen« zu treffen.[28] Bei der Analyse des Kalksteins galt der Anteil an kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$) als das entscheidende Merkmal. Auf diesem Bestandteil basierte, den chemischen Modellen des thermochemischen Prozesses im Hochofen zufolge, die kompensatorische Funktion des Gesteins. Folglich zielte das Interesse der Hüttenwerke darauf, den Anteil an $CaCO_3$ möglichst konstant zu halten. Günstig war dabei, dass das Gestein aus den Niederbergischen Steinbrüchen einen hohen Anteil von 96–99 Prozent $CaCO_3$ aufwies, was den Vorteil hatte, dass geringere Mengen eingesetzt werden mussten, um die notwendigen chemischen Reaktionen in Gang zu setzen. Zufrieden stellte etwa der Chemiker Baedecker, der Gesteinsproben aus diesen Brüchen für die neue Eisenhütte Oberhausen analysierte, fest: »Der Gehalt an kohlensaurem Kalk beträgt [...] 98,3 Prozent.«[29] So wurde der Anteil an $CaCO_3$ zunehmend herangezogen, um zu definieren was ein für die Eisenverhüttung brauchbarer Kalkstein war.

Mithilfe der chemischen Kriterien ließen sich verschiedene Gesteine nicht nur vergleichen. Sie erleichterten auch das Wirtschaften mit dem Rohstoff, denn dadurch wurde es möglich, Qualitätsstandards zu setzen, die institutionell, etwa in Lieferverträgen, abgesichert werden konnten.[30] Inwieweit der

---

27 Stefan Krebs, Technikwissenschaft als soziale Praxis. Über Macht und Autonomie der Aachener Eisenhüttenkunde, 1870–1914, Stuttgart 2009, S. 52–54; Jakob Vogel, Wissen, Technik, Wirtschaft. Die modernen Wissenschaften und die Konstruktion der »industriellen Gesellschaft«, in: Hartmut Berghoff/Jakob Vogel (Hrsg.), Wirtschaftsgeschichte als Kulturgeschichte. Dimensionen eines Perspektivenwechsels, Frankfurt am Main 2004, S. 295–323; Manfred Rasch, Erfahrung, Forschung und Entwicklung in der (west-)deutschen Eisen- und Stahlerzeugung. Versuch einer Begriffserklärung und Periodisierung der letzten 200 Jahre, in: Ferrum 68, 1996, S. 4–29; Toni Pierenkemper, Die westfälischen Schwerindustriellen, 1852–1913. Soziale Struktur und unternehmerischer Erfolg, Göttingen 1979, S. 121 f.; Troitzsch, Innovation, Organisation und Wissenschaft, S. 37–39.

28 Thomas Welskopp, Arbeit und Macht im Hüttenwerk. Arbeits- und industrielle Beziehungen in der deutschen und amerikanischen Eisen- und Stahlindustrie von den 1860er bis zu den 1930er Jahren, Bonn 1994, S. 138 f.

29 Brief Baedecker, 11.1.1854, Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv, Köln (RWWA), 130, 2010/1.

30 Vgl. den Aufsatz von Ronja Kieffer und Eva-Maria Roelevink in diesem Band.

Kalkstein für die Eisen- und Stahlindustrie dadurch auch kommodifiziert und zu einem marktgängigen Gut wurde, ist aber fraglich, weil Produzenten und Abnehmer des Gesteins ohnehin eng miteinander verflochten waren.[31] Was allerdings zu konstatieren ist, ist dass die Hüttenwerke die gesetzten Qualitätsnormen systematisch nutzen, um Lieferanten unter Druck zu setzen. Diese beschwerten sich über die »rigorosen Qualitäts- Forderungen«,[32] die beispielsweise die Gutehoffnungshütte, zu dem die Eisenhütte Oberhausen gehörte, in den 1880er Jahren mit regelmäßigen Qualitätskontrollen durchsetzte. Am Ende des Jahrzehnts analysierten die Chemiker des Unternehmens rund ein Viertel der bezogenen Kalksteinlieferungen und meldeten Abweichungen von der chemischen Norm als Verstoß gegen die Lieferverträge.[33] Spätestens zu diesem Zeitpunkt reproduzierte die institutionalisierte Qualitätskontrolle die anhand chemischer Kriterien festgelegte Definition des Kalksteins als Rohstoff.

Obwohl die Festlegung auf ein chemisch eng definiertes Gestein den Spielraum der Rohstoffnutzung verengte, verbesserte sie die Erwartungssicherheit und reduzierte auf diese Weise die Komplexität der Eisenverhüttung.[34] Dieser Effekt war in der kompensatorischen Funktion des Zuschlags bereits angelegt, aber die Konsequenzen reichten weit darüber hinaus. Denn damit verschwanden auch Alternativen. Stoffe, die ebenso gut hätten genutzt werden

31 Mathias Mutz, Industrialisierung als Umwelt-Integration. Konzeptionelle Überlegungen zur ökologischen Basis moderner Industrieunternehmen, in: Günther Schulz/Reinhold Reith (Hrsg.), Wirtschaft und Umwelt vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart. Auf dem Weg zu Nachhaltigkeit?, Stuttgart 2015, S. 191–213; Lea Haller/Sabine Höhler/Andrea Westermann, Rechnen mit der Natur. Ökonomische Kalküle um Ressourcen, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 37:1, 2014, S. 8–19; Hartmut Berghoff, Moderne Unternehmensgeschichte. Eine themen- und theorieorientierte Einführung, Paderborn 2004, S. 88; William Cronon, Nature's Metropolis. Chicago and the Great West, New York 1991, S. 145–147.

32 Notariatsakte, Vereinbarung der Kalkwerke, 11.7.1887, Archiv Rheinkalk, Wülfrath (RhK[L]), 06, 1.

33 Gutehoffnungshütte AG, Analysen angefangen Juli 1886 beendet Februar 1890, RWWA, 130, 3116/1; Gutehoffnungshütte AG, Analysen 22. Februar 1890–1892, RWWA, 130, 3116/2.

34 Vgl. Kijan Espahangizi, Stofftrajektorien. Die kriegswirtschaftliche Mobilmachung des Rohstoffs Bor, 1914–1919 (oder: was das Reagenzglas mit Sultan Tschair verbindet), in: ders./Barbara Orland (Hrsg.), Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, Zürich 2014, S. 173–207; Mark Jakob/Alexander Nützenadel/Jochen Streb, Erfahrung und Erwartung – eine vernachlässigte wirtschaftshistorische Perspektive?, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 59, 2018, S. 329–341.

können und zuvor auch tatsächlich in ähnlicher Funktion genutzt worden waren, fanden keine Verwendung mehr. Unterdessen avancierte Kalkstein, eng definiert über den $CaCO_3$-Gehalt, Mitte des 19. Jahrhunderts zu einem essenziellen Rohstoff der Eisen- und Stahlindustrie.

Vom Stoff zum Rohstoff

Das Beispiel des Kalksteins macht deutlich, dass es bei der Definition von Rohstoffen auf Nuancen ankommt – anhand des $CaCO_3$ Gehalts bestimmten die Zeitgenoss:innen, welches Material für die Eisen- und Stahlindustrie nutzbar war, und grenzten es von unbrauchbarem Gestein ab. So wie Kalkstein kommen viele Stoffe als heterogene Konglomerate vor, die eine komplexe Zusammensetzung aus verschiedenen Bestandteilen aufweisen. Aber auf dem »Weg« in ein Produktionssystem wird aus der schier unendlichen stofflichen Vielfalt eine Variante des Stoffs als Rohstoff definiert. Die Kategoriebildung kann anhand unterschiedlichster, nicht nur chemischer Kriterien erfolgen. Bis weit in das 19. Jahrhundert spielten in der Eisen- und Stahlindustrie auch visuelle Erscheinungen oder körperliche Erfahrung eine Rolle.[35] Gemeinsam ist diesen Definitionsvorgängen, dass sie eine Abgrenzung vornehmen zwischen Varianten eines Stoffs, die als Rohstoff nutzbar sind, und solchen, die für die jeweilige Funktion nicht verwendet werden. Als typologische Kategorie verweist »Rohstoff« deshalb auf die Ergebnisse historischer Definitionsbestrebungen.

Die erweiterte Rohstoffgeschichte setzt hier an und richtet die Aufmerksamkeit auf solche Prozesse, in denen Stoffe als Rohstoffe definiert wurden und dadurch Relevanz erlangten. Dabei orientiert sie sich an dem Konzept der Social Construction of Technology (SCOT). So wie die Entstehung von Technologien nicht einfach als Resultat genialer Erfindungen oder als »beste« Lösung eines Problems zu verstehen ist, werden auch Rohstoffe in komplexen Konstruktionsprozessen erst hervorgebracht.[36] Zum einen kam es dabei auf das zeitgenössische Problemverständnis an, das vorzeichnete, welche Lösungen denkbar waren, als sinnvoll galten und überzeugen konnten. Zum ande-

---

35 Vgl. Kijan Espahangizi/Barbara Orland, Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe. Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, in: dies. (Hrsg.), Stoffe in Bewegung, S. 11–35.

36 Vgl. Trevor Pinch/Wiebe Bijker, The Social Construction of Facts and Artifacts, in: Social Studies of Science 14:3, 1984, S. 399–441.

ren bestimmten Interessen und Vorstellungen, über die durchaus gestritten werden konnte, darüber, wie ein Rohstoff definiert wurde.[37] Die Verwendung und Definition von Rohstoffen ist regelmäßig umstritten und wird zwischen verschiedenen Akteursgruppen ausgehandelt, die unterschiedliche Interessen und Vorstellung verfolgen. Während sich Unternehmer bei der Definition des Rohstoffs Kalkstein vor allem vom Interesse der Erwartungssicherheit leiten ließen, verknüpften Hüttenleute und Ingenieure das traditionelle Erfahrungswissen der Metallurgie mit neuen chemischen Erkenntnissen. Darüber hinaus nahmen staatliche Beamte der Bergbehörden Einfluss, die nicht nur für die Genehmigung von Hüttenanlagen zuständig waren, sondern auch die geologische Erkundung von Gesteinsvorkommen dominierten. Letztlich resultierte die Bedeutung, die Kalkstein als Rohstoff erlangte, darauf, dass dieser Stoff an der Schnittstelle dieser verschiedenen Interessen und Vorstellungen der beteiligten Akteur:innen stand.

Das Konzept der SCOT legt zudem nahe, dass Alternativen, etwa eine andere Variante eines Stoffs zu nutzen, im Laufe des Konstruktionsprozesses verschwinden. Unter dem Begriff der »closure« oder des »lock-in« haben Historiker:innen mit Blick auf die Technikentwicklung zeigen können, wie sich aus einer Vielzahl von Möglichkeiten, eine bestimmte Technologie auszugestalten, eine dominante Form herausbildet und andere Lösungen zunehmend verdrängt. Schließlich wird diejenige Technologie, die sich durchsetzt, nicht mehr hinterfragt und als einzige mögliche Option gewissermaßen als gegeben angesehen.[38] Wenn Kalkstein für die Eisen- und Stahlherstellung bis heute wie selbstverständlich als Gestein definiert wird, das mindestes 97 Prozent $CaCO_3$ enthält,[39] ist das auch ein Resultat der Konstruktionsprozesse Mitte des 19. Jahrhunderts.

Diese Überlegungen lassen sich weiter präzisieren, wenn man berücksichtigt, dass Rohstoffe nicht einfach so, sondern in einer spezifischen Funktion

37 Martina Heßler, Kulturgeschichte der Technik, Frankfurt am Main 2012, Zusatzkapitel, S. 9 f.; für die Eisen- und Stahlindustrie siehe Thomas J. Misa, A Nation of Steel. The Making of Modern America, 1865–1925, Baltimore 1995.

38 Vgl. Thomas J. Misa, Controversy and Closure in Technological Change. Constructing Steel, in: Wiebe E. Bijker/John Law (Hrsg.), Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change, Cambridge, MA 1992, S. 109–139.

39 Joseph Oates, Lime and Limestone. Chemistry and Technology, Production and Uses, Weinheim 2008, S. 97; Jacques Geyssant, Geologie des Calciumcarbonats, in: Wolfgang F. Tegethoff, Calciumcarbonat. Von der Kreidezeit ins 21. Jahrhundert, Basel 2001, S. 1–51, hier S. 25 f.

innerhalb eines Produktionssystems definiert werden.[40] Diesem Ansatz zufolge werden unternehmerische Organisation, institutionelle Rahmenbedingungen und vor allem Wissensbestände einerseits und die Ausgestaltung technischer Artefakte wie Maschinen, Anlagen oder eben auch die genutzten Rohstoffe andererseits so aneinander angepasst, dass sie ineinandergreifen. Rohstoffe sind demnach Elemente, die so definiert sind, dass sie innerhalb eines Systems funktionieren.[41] Auch hier gilt, wie bei SCOT-Ansätzen allgemein, dass ein Produktionssystem nicht nur aus »technischen« Elementen besteht, sondern eben auch aus »sozialen«, wie Wissen oder Institutionen, von denen die Definition eines Rohstoffs gleichermaßen abhängig ist. Für Kalkstein wurde der hohe $CaCO_3$-Gehalt deshalb zum entscheidenden Kriterium, weil das Gestein, den Vorstellungen der Zeitgenoss:innen folgend, die Heterogenität der Erz- und Steinkohlesorten im Hochofen kompensieren sollte. Seine Definition als Rohstoff kann nicht losgelöst von der Entwicklung der Produktionssysteme der Eisen- und Stahlindustrie im 19. Jahrhundert verstanden werden.

Die Konstruktionsprozesse und Definitionsvorgänge, in denen Stoffe zu Rohstoffen werden, sind ein lohnender Untersuchungsgegenstand, aber sie werfen die grundsätzlichere theoretische Frage nach dem Verhältnis von materiellen Eigenschaften und sozialer Konstruktion auf: Inwieweit spiegelt die Definition eines Stoffs als Rohstoff naturgesetzliche Notwendigkeiten wider oder die Vorstellungen der Menschen, die mit ihm arbeiten? So war etwa die Definition von Gestein mit einem hohen Anteil von $CaCO_3$ als Rohstoff nicht unabhängig von den Wirkungen, die das Gestein in den thermochemischen Prozessen im Hochofen entfaltete – ein beliebiges Material als Zuschlag zu verwenden hätte schlicht nicht funktioniert. Aber in seiner spezifischen Funktion basierte die Definition auf dem Wissen über Zuschläge, den Fähigkeiten der

40 Dieses Argument ist angelehnt an das Konzept der Large Technological Systems, vgl. Thomas P. Hughes, Die Erfindung Amerikas. Der technologische Aufstieg der USA seit 1870, München 1991.

41 Thomas P. Hughes, The Evolution of Large Technological Systems, in: Ders./Wiebe Bijker/Trevor Pinch (Hrsg.), The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge, Mass. 1987, S. 51–82, hier S. 52; Christian Zumbrägel, Die vorindustriellen Holzströme Wiens. Ein sozionaturales großtechnisches System?, in: Technikgeschichte 81, 2014, S. 335–362; Sebastian Haumann, Towards a Historical Understanding of Critical Raw Materials. Suggestions from a History of Technology Perspective, in: GAiA 27, 2018, S. 373–378.

Hüttenleute und wirtschaftlichen Interessen. Offensichtlich hingen hier beide Aspekte miteinander zusammen.

Die Debatten über »Materialität«, die in den letzten Jahren vermehrt in den Geschichtswissenschaften geführt wurden, fragen nach solchen Verknüpfungen zwischen sozialer Konstruktion und materiellen Eigenschaften. Auf der einen Seite wird konstatiert, dass die Art und Weise, wie Menschen Rohstoffe nutzen, immer davon abhängt, wie sie sie verstehen. Auf der anderen Seite entfalten diese Stoffe auch unabhängig von menschlichen Vorstellungen Wirkungen, die reale Konsequenzen haben. Es sei nötig, mit »›Natur‹ im Sinne einer physisch wirksamen Realität in der Geschichte [zu] arbeiten […], ohne eine naiv-szientistische Position einzunehmen«, so Verena Winiwarter und Martin Schmid.[42] Vor allem in neueren Studien zur Umweltgeschichte geht es oft um das Verhältnis von menschlichen Naturvorstellungen einerseits und materiellen Eigendynamiken andererseits. Sie zeigen, wie menschliche Handlungsmöglichkeiten begrenzt sind, aber auch, dass materielle Phänomene menschliches Handeln nicht determinieren.[43] Dies trifft – was in Bezug auf Rohstoffe besonders relevant ist – auch auf die chemischen und physikalischen Reaktionen zu, zu denen Stoffe neigen oder zu denen sie sich eignen.[44] Sie existieren zwar unabhängig von dem, wie Menschen sie verstehen, aber der sozial konstruierte menschliche Umgang mit ihnen, zum Beispiel durch die Definition von Rohstoffen, ist weder beliebig noch folgenlos.

---

42 Verena Winiwarter/Martin Schmid, Umweltgeschichte als Untersuchung sozionaturaler Schauplätze? Ein Versuch, Johannes Colers »Oeconomia« umwelthistorisch zu interpretieren, in: Thomas Knopf (Hrsg.), Umweltverhalten in Geschichte und Gegenwart. Vergleichende Ansätze, Tübingen 2008, S. 158–173, hier S. 158; vgl. auch Verena Winiwarter/Martin Schmid, Socio-Natural Sites, in: Sebastian Haumann/Martin Knoll/Detlev Mares (Hrsg.), Concepts of Urban-Environmental History, Bielefeld 2020, S. 33–50.

43 Timothy J. LeCain, The Matter of History. How Things Create the Past, Cambridge, MA 2017; ders., Against the Anthropocene. A Neo-Materialist Perspective, in: International Journal of History, Culture, and Modernity 3:1, 2015, S. 1–28; Franz-Josef Brüggemeier, Schranken der Natur. Umwelt, Gesellschaft, Experimente 1750 bis heute, Essen 2014; Verena Winiwarter/Martin Schmid/Gert Dressel, Looking at Half a Millennium of Co-existence. The Danube in Vienna as a Socio-Natural Site, in: Water History 5:2, 2013, S. 101–119; Michael Rawson, Eden on the Charles. The Making of Boston, Cambridge, MA u. a. 2010.

44 Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019.

Ein Impuls für dieses umweltgeschichtliche Verständnis von Materialität kommt aus dem Feld der Wissensgeschichte, wo die Produktion von Wissen über »Natur« ein wichtiger Untersuchungsgegenstand geworden ist. Rohstoffe lassen sich etwa in Anlehnung an Hans-Jörg Rheinberger als »epistemische Objekte« beschreiben, die Gegenstand intensiver Wissensbemühungen wurden, und dadurch überhaupt erst konstituiert wurden.[45] Solche Ansätze haben die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung von Experimenten, systematischen Beobachtungen, oder körperlichen Erfahrungen gelenkt, mit denen Menschen Wissen über Stoffe generieren.[46] Tatsächlich haben viele der neueren Arbeiten zur Geschichte einzelner Stoffe die historische Konstruktion von Wissen als zentralen Erklärungsfaktor in die Analyse des Wandels der Rohstoffnutzung einbezogen – Jacob Vogel für Salz, Rüdiger Graf für Öl oder Tim LeCain für Kupfer, um nur einige zu nennen.[47] Obwohl Versuchsanordnungen und Beschreibungen durch Vorannahmen geprägt waren, entstand Wissen dabei in physischer Auseinandersetzung mit den stofflichen Eigenschaften und der Eigendynamik des Materials. Es handelte sich um die Co-Konstruktion von (naturwissenschaftlichem) Wissen durch menschliche Vorstellungen *und* durch die Wirkung von Stoffen in Versuchsanordnungen oder Produktionssystemen.[48]

Am Beispiel des Kalksteins der Eisen- und Stahlindustrie wird deutlich, dass der Stoff deshalb zum Rohstoff wurde, weil er beide Bedingungen erfüllte. Die Definition anhand des $CaCO_3$-Gehalts entsprach dem zeitgenössischen Wissen über die Funktion von Hochöfen sowie den wirtschaftlichen Interessen der Unternehmen. Sie entsprach aber auch den beobachtbaren Wirkungen und den Erfahrungen mit der materiellen Eigendynamik, die die Stoffe in den thermochemischen Prozessen im Hochofen entfalteten. Kalkhaltiges Gestein mit mindestes 97 Prozent $CaCO_3$ wurde zum Rohstoff, weil dieses Kriterium sowohl den Vorstellungen der beteiligten Akteur:innen gerecht wurde,

---

45 Hans-Jörg Rheinberger, Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas, Göttingen 2001.

46 Vgl. Espahangizi/Orland, Pseudo-Smaragde.

47 Jakob Vogel, Ein schillerndes Kristall. Eine Wissensgeschichte des Salzes zwischen Früher Neuzeit und Moderne, Köln 2008; Rüdiger Graf, Öl und Souveränität. Petroknowledge und Energiepolitik in den USA und Westeuropa in den 1970er Jahren, Berlin 2014; LeCain, Mass Destruction.

48 Vgl. Bruno Latour, The Pasteurization of France, Cambridge, MA 1988; Karen Barad, Agentieller Realismus. Über die Bedeutung materiell-diskursiver Praktiken, Berlin 2012.

als auch die erwarteten materiellen Wirkungen hervorbrachte. Es klingt fast banal, dass die Vorstellungen über den Nutzen eines Rohstoffs kongruent mit den materiellen Eigenschaften sein müssen. Aber weder das eine noch das andere waren für sich genommen ausreichend: Materielle Wirkungen, die aus Sicht der Zeitgenoss:innen keinen Sinn ergaben, sind historisch ebenso irrelevant, wie Wissen, das keiner materiellen Wirkung entsprach. Die erfolgreiche Definition als Rohstoff basierte also auf der Schnittmenge, bei der sozial konstruierte wie materielle Bedingungen erfüllt waren.

Rohstoffe werden durch dieses Wechselspiel zwischen sozialer Konstruktion und materiellen Eigenschaften konstituiert. Genauer: Sie werden als Elemente von Produktionssystemen definiert, wo sie funktionieren, aber auch dem zeitgenössischen Verständnis nach sinnvoll eingesetzt werden müssen. So wie »Stoff« generell eine dynamische Kategorie ist, ist auch die Abgrenzung von »Rohstoffen« gegenüber unbrauchbarem Gestein oder anderen Materialien grundsätzlich veränderlich und das Ergebnis von historischen Prozessen. Diese Einsicht leitet sich aus den Konzepten der SCOT sowie der Umwelt- und Wissensgeschichte ab und eröffnet neue historische Fragestellungen, die empirisch weiter zu untersuchen sind. Typologisch betrachtet ist ein »Rohstoff« damit ein Stoff, bei dem materielle Eigenschaften und soziale Konstruktion im Rahmen von Produktionssystemen zusammenfallen. Daran ist auch die historische Bedeutung von Rohstoffen zu ermessen. Wann und wie materielle Eigenschaften und soziale Konstruktion zusammenfallen, sich verstetigen und möglicherweise wieder voneinander lösen – also ein Stoff aufhört, ein Rohstoff zu sein – gehört zu den wichtigen Erkenntnispotenzialen einer erweiterten Rohstoffgeschichte.

Ein praxeologischer Zugriff auf die Quellenüberlieferung

Die Funktion eines möglichst breiten Spektrums von Rohstoffen zu bestimmen, oder zu analysieren, wie Zeitgenoss:innen diese Rohstoffe definierten, ist eine methodische Herausforderung – zumindest für die Zeit der europäischen Industrialisierung. Denn die Überlieferungslage spiegelt eher die zeitgenössische Aufmerksamkeit für bestimmte Rohstoffe wider und nicht unbedingt ihre Bedeutung in den Produktionssystemen, auf die eine erweiterte Rohstoffgeschichte abzielt.

So ist auffällig, dass Kalkstein kaum explizit in den Quellen thematisiert wird, die sich beispielsweise in den umfassenden Archivbeständen der

Hüttenunternehmen finden.[49] Auch in publizierten Quellen, etwa in den Zeitschriften der Montan- und Ingenieurwissenschaften, taucht das Gestein verhältnismäßig selten als eigentlicher Gegenstand der Darstellung auf.[50] Der Zuschlag war kein zentrales Thema, über das regelmäßig verhandelt oder nachgedacht wurde. Es entsprach aber auch der kompensatorischen Funktion des Rohstoffs, dass das Gestein meist nicht für sich genommen, sondern als untergeordneter Aspekt im Zusammenhang mit anderen Rohstoffen, mit der Konstruktion von Anlagen oder Kosten- und Verbrauchsberechnungen diskutiert wurde. Aus diesen Gründen taucht Kalkstein zwar selten als eigentlicher Gegenstand in den Quellen auf, aber trotzdem wurde die Nutzung des Zuschlags am Rande anderer Fragen thematisiert, über die diese klassischen Quellen der Technik- und Wirtschaftsgeschichte Auskunft geben. Berichte über Hüttenwerke, Handlungsanleitungen in Handbüchern, Betriebsvorschriften, Vorstandsprotokolle, Lieferverträge oder Kosten- und Verbrauchsaufstellungen bieten wichtige Anhaltspunkte über die Verwendung von Kalkstein, auch wenn der Rohstoff darin nur beiläufig behandelt wurde.

In einem ausführlichen Bericht, den Georg Meydam als Referendar der preußischen Berg- und Hüttenverwaltung im Herbst 1864 über die Eisenhütte Oberhausen vorlegte, zeigte sich beispielsweise die kompensatorische Funktion des Zuschlags, ohne dass hier die Auseinandersetzung mit dem Zuschlagsmaterial im Zentrum der Darstellung stand. Meydam beschrieb die materiellen Eigenschaften und die Eigendynamik des Kalksteins, und zwar im Kontext der Arbeitsabläufe, die er auf dem Hüttenwerk beobachtet hatte. Über die Verfahren am Hochofen schrieb er, dass »[d]ie Zuschlagsmenge […] nach den Erzgichten normiert«[51] würde und dokumentierte damit, was er über Handlungen und die Rohstoffnutzung für berichtenswert hielt und

49 Eine hervorragende Überlieferungslage findet sich beispielsweise im Bestand 130, Gutehoffnungshütte, im Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv, Köln (RWWA), oder in den Beständen des ThyssenKrupp Konzernarchivs, Duisburg. Ergiebig für die staatliche Aufsicht über das Berg- und Hüttenwesen bis 1865 sind die Bestände des Geheimes Staatsarchivs Preußischer Kulturbesitz (GStAPK).

50 Siehe z. B. in der *Berg- und Hüttenmännischen Zeitung*, *Stahl und Eisen* oder im vollständig digital erschlossenen *Polytechnischen Journal* (https://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/13004/1 [25.4.2023]).

51 Georg Meydam, Praktische und theoretische Darstellung des Hochofenprocesses auf der Anlage von Jacobi, Haniel & Huyssen bei Oberhausen mit Beurtheilung des ökonomischen Resultates, September 1864, LAV NRW R, BR 101, 823, S. 69.

wie er sie verstand. Die Art und Weise, wie Meydam die Vorgänge am Hochofen beschrieb, die Wortwahl und die Auswahl der Informationen knüpfte an ein bestimmtes Vorverständnis an. Schon weil er sich gegenüber seinen Vorgesetzten und Prüfern als kompetenter Beobachter präsentieren wollte. Er dokumentierte damit nicht nur die Anlagen und Arbeitsabläufe im Hüttenwerk, sondern belegte damit auch seine Qualifikation als fachkundiger Beobachter, der die thermochemischen Prozesse im Hochofen durchdrungen hatte.

Meydams Beschreibung ist auch in anderer Hinsicht aufschlussreich: Er verhandelte die verwendeten Rohstoffe in Zusammenhang mit den Praktiken der Eisenverhüttung. Praktiken sind routinisierte Handlungsabläufe, die immer wieder, auch von verschiedenen Personen, in gleicher oder ähnlicher Form vollzogen werden, ohne ihren Charakter zu verändern.[52] In diesem Sinne handelt es sich bei der Arbeit am Hochofen um eine Praktik par excellence. Denn das Verfahren der Eisenverhüttung basierte darauf, dass Arbeiter in immer gleichen Routinen Erz, Kohle und Zuschläge in den Hochofen gaben, dass sie Anlagen bedienten und viele weitere Arbeitsschritte nach einem strikt festgelegten Muster vollzogen. Der Fokus auf Praktiken der Rohstoffnutzung liefert aber nicht nur wichtige Einsichten in den Produktionsprozess. Er hilft vor allem dabei, den Herausforderungen der Überlieferung zu begegnen.

In den Geschichtswissenschaften sind praxeologische Ansätze bisher vornehmlich dazu verwendet worden, um die soziale Bedeutung von Ritualen oder anderen Phänomenen der sozialen Ordnung und der Subjektivierung zu analysieren.[53] Gleichwohl spielen auch Dinge, Stoffe und »Natur«-Wahr-

52 Vgl. Elizabeth Shove/Mika Pantzar/Matt Watson, The Dynamics of Social Practice. Everyday Life and how it Changes, Los Angeles 2012; Andreas Reckwitz, Toward a Theory of Social Practices. A Development in Culturalist Theorizing, in: European Journal of Social Theory 5, 2002, S. 243–263; Theodore R. Schatzki, The Site of the Social. A Philosophical Account of the Constitution of Social Life and Change, University Park, PA 2002.

53 Vgl. Marian Füssel, Praktiken historisieren. Geschichtswissenschaft und Praxistheorie im Dialog, in: Franka Schäfer/Anna Daniel/Frank Hillebrandt (Hrsg.), Methoden einer Soziologie der Praxis, Bielefeld 2015, S. 267–287; Lucas Haasis/Constantin Rieske (Hrsg.), Historische Praxeologie. Dimensionen vergangenen Handelns, Paderborn 2015.

nehmung eine zentrale Rolle in der Praxistheorie.[54] In seiner, inzwischen als klassisch geltenden Definition betont Andreas Reckwitz, dass routinisierte Handlungsabläufe nicht nur sozial bedingt sind, sondern auch von materiellen Gegenständen und deren Wirkungsweisen abhängen. Im Vollzug einer Praktik spielt fast immer der Umgang mit Dingen oder Stoffen – im körperlichen und physischen Sinne – eine entscheidende Rolle und ist ohne diese nicht denkbar. Zahlreiche Routinen, vom Essen bis zum Laborexperiment, belegen das. Reckwitz und andere Praxistheoretiker:innen sprechen von sozialen und materiellen »Elementen«, die im Vollzug einer Praktik zu einem »Block« verschmelzen, dessen »existence necessarily depends on the existence and specific interconnectedness of those elements and which cannot be reduced to any one of these single elements«.[55] Stoffe sind damit konstituierende Elemente von Praktiken. Eine Vielzahl von routinisierten Handlungsabläufen wäre ohne den Rückgriff auf Stoffe überhaupt nicht möglich.[56]

Die praxeologische Analyse erlaubt aber nicht nur Einblicke in die sozialen Beziehungen, die durch die Arbeit mit Rohstoffen entstanden, sondern vor allem auch Rückschlüsse auf die verwendeten Rohstoffe selbst. Denn während über viele Stoffe nur selten explizit reflektiert wurde, lässt sich vieles über sie dadurch erschließen, was Menschen routinemäßig mit ihnen taten. Am Hochofen kam es darauf an, die Stetigkeit der thermochemischen Prozesse durch die Stetigkeit der Arbeitsabläufe sicherzustellen, mit denen Arbeiter die Rohstoffe zuführten. Weil sie immer gleich durchgeführt werden mussten, unabhängig davon, wer sie ausführte, wurden Arbeitsabläufe einerseits immer wieder begründet und in Handlungsanleitungen formalisiert. Andererseits wurden sie durch den Aufbau des Hüttenwerkes vorstrukturiert, indem Tätigkeiten in die Anlage eingeschrieben waren. Aus beiden Zusammenhängen lässt sich rekonstruieren, wie routinisierte Handlungen am Hochofen auf die Verwendung bestimmter Rohstoffe ausgerichtet waren.

---

54 Vgl. Theodore Schatzki, Materiality and Social Life, in: Nature and Culture 5:2, 2010, S. 123–149; Frank Trentmann, Materiality in the Future of History. Things, Practices and Politics, in: Journal of British Studies 48:2, 2009, S. 283–307.

55 Reckwitz, Toward a Theory of Social Practices, S. 249 f.

56 Thomas Welskopp hat dies schon vor längerer Zeit im Hinblick auf die soziale Ordnung im Hüttenwerk herausgearbeitet und Thomas Andrews hat dies am Beispiel des Kohlenbergbaus nochmals im Hinblick auf die »Materialität« der Bergwerke zugespitzt: Welskopp, Arbeit und Macht; Thomas G. Andrews, Killing for Coal. America's Deadliest Labor War, Cambridge, MA 2008.

Anhand der überlieferten Quellen lassen sich beispielsweise für das Hüttenwerk der Phoenix AG in Laar, heute ein Stadtteil von Duisburg, die Praktiken, die sich rund um den Kalkstein in einer kompensatorischen Funktion in den 1850er Jahren herausgebildet hatten, gut nachzeichnen. Es begann mit der Zusammenstellung der Rohstoffe, der sogenannten Möllerung, in einem eigens dafür eingerichteten Bereich des Werkes:

> »Der Möllerplatz […] ist ein längliches, mit Eisenplatten belegtes Viereck, welches durch rechtwinklig sich kreuzende Bahnen in kleinere quadratische Felder abgetheilt ist, deren jedes einem Möllerhaufen von 50 Wagenladungen als Basis dient. Ein solcher Haufen reicht hin, um einen Hochofen auf 48 Stunden mit Erz zu versehen. Das Herrichten der Möllerhaufen geschieht mit besonderer Vorsicht, welche überall nöthig ist, wo gleichzeitig eine grössere Zahl verschiedenartiger Erze verschmolzen wird.«[57]

Um die Möllerhaufen zusammenzustellen, brachte eine Pferdebahn die Rohstoffe von einem Lagerplatz heran. Die Wagen dieser Bahn waren so konstruiert, dass »deren Seitenwände sich in der Weise umlegen lassen, dass die mit dem Anfertigen des Möllers beschäftigten Leute, während sie die Wagen mittels Schippen entladen, auf diesen Seitenborden stehen«.[58] In diesem Prozedere wurden die Rohstoffe »in dünnen Lagen übereinander ausgebreitet und wo erforderlich noch auf dem Haufen mit Handhämmern zerkleinert«.[59] Die Zusammenstellung war sehr arbeitsintensiv. Für das Ausladen der Wagen benötigte es bis zu zwölf Arbeiter.[60]

Die so vorbereiteten Haufen wurden dann in sogenannte Gichtwagen geladen, und zwar »indem man dabei die einzelnen Lagen […] von oben nach unten durchsticht«.[61] Dadurch erreichte man, dass sich die Lagen »beim Einfüllen in die Gichtwagen […] gut miteinander mischen und dadurch den geregelten Ofengang begünstigen«.[62] Die speziellen Gichtwagen, mit denen Erze

57 Josef Massenez, Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix zu Laar bei Ruhrort, in: Die baulichen Anlagen auf den Berg-, Hütten- und Salinenwerken in Preussen 3:1 (1864), S. 1–14, hier S. 3.

58 Ebd., S. 2.

59 Ebd., S. 3.

60 Ebd.

61 Jacob LeHanne, Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort, Oktober 1864, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 38.

62 Massenez, Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix, S. 3.

und Zuschläge zum Hochofen gefahren wurde, waren »um ihre vordere Axe beweglich und werden in der Weise entleert, dass der Arbeiter einen Holzhebel zwischen die hintere Axe und den Wagenkasten stemmt und letzteren so nach vorn überkippt«.[63] Dieser Handlungsschritt, der von den Gichtsetzern, einer spezialisierten Gruppe Arbeiter, durchgeführt wurde, war darauf ausgerichtet, Eisenerze und Zuschläge in möglichst gleichmäßigen Lagen über den Lagen aus Steinkohlekoks aufzutragen.[64]

Auf der Gicht, wo die Hochöfen kontinuierlich von oben mit Rohstoffen befüllt wurden, wurden dann auf der Eisenhütte Oberhausen folgende Arbeitsschritte vollzogen:

> »[Es] werden zuerst die Coaks, darüber der Kalkstein und schließlich die Erze […] an 4 Punkten aufgegeben. Coaks und Eisensteine werden direct aus dem Wagen in den Ofen gekippt und die Coaks […] nach der Mitte geschoben; der Kalkstein wird zunächst auf das Gichtplateau [die Arbeitsbühne am Hochofen; S. H.] gestürzt und mittelst der Schaufel gleichmäßig […] eingetragen.«[65]

Wagen wurden bewegt und geleert, Koks wurde geschoben und Kalkstein, der zunächst »auf dem Hüttenplatze mittelst Handarbeit in faustgroße Stücke geschlagen«[66] wurde, wurde gleichmäßig verteilt. Der Handlungsablauf wiederholte sich bis zu 30-mal täglich über mehrere Jahre ununterbrochen in gleicher Weise.

Das Zusammenstellen der Erzsorten, der Einsatz der Zuschläge und ihre Verteilung auf der Gicht waren äußerst sensible Schritte im Verhüttungsverfahren, über die in zahlreichen Quellen berichtet wurde. Weil die Handlungsabläufe möglichst stetig und gleichbleibend durchgeführt werden mussten,[67] schienen sie besonders vom »guten Willen der Arbeiter«[68] abhängig und anfällig für Störungen zu sein. Jedenfalls beschrieb Josef Massenez, technischer

---

63 Ebd., S. 8.

64 Troitzsch, Innovation, Organisation und Wissenschaft, S. 31.

65 Georg Meydam, Praktische und theoretische Darstellung des Hochofenprocesses auf der Anlage von Jacobi, Haniel & Huyssen bei Oberhausen mit Beurtheilung des ökonomischen Resultates, September 1864, LAV NRW R, BR 101, 823, S. 85.

66 Jacob LeHanne, Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort, Oktober 1864, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 40 f.

67 Troitzsch, Innovation, Organisation und Wissenschaft, S. 35.

68 Massenez, Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix, S. 3.

Leiter der Hütte in Laar, die von den Vorgaben abweichende Ausführung der einzelnen Arbeiten als gravierendes Problem. So wundert es nicht, dass gerade im Zusammenhang mit diesen Verfahrensschritten die Verbesserung der Fabrikdisziplin eingefordert und entsprechende Maßnahmen getroffen wurden, die sich in Arbeitsanweisungen und Konstruktionsplänen niedergeschlagen haben. Neben den Sanktionsmöglichkeiten wie Lohnkürzungen setzten die Unternehmen vor allem auf die Überwachung der Arbeitsabläufe.[69] Zur Beaufsichtigung eigneten sich die hoch über den Betriebsstätten gelegenen Brücken, die mehrere nebeneinanderstehende Hochöfen verbanden:

> »Ganz besonders erleichtert aber wird durch diese Anordnung die Beaufsichtigung und Controlierung der auf der Gicht beschäftigten Arbeiter, denn einerseits gewährt die freie Lage der Gichtbrücken dem Aufsichtsbeamten, fast von jedem Punkte des Werkes aus, einen Ueberblick über die Thätigkeit dieser Arbeiter, andererseits macht die Verbindung sämmtlicher Hochofengichten unter einander es möglich, mit einem einmaligen Ersteigen der Gichthöhe, nach einander die Gichten sämmtlicher Oefen zu revidieren, wie viel aber beim Hochofenbetriebe gerade auf das regelrechte Aufgeben der Beschickung ankommt, und dass diese Regelmässigkeit eben nur durch die strengste Controle der Arbeiter zu erzielen ist, ist zu bekannt, als dass der Vortheil der Erleichterung einer solchen Controle unterschätzt werden könnte.«[70]

Die Überwachung der Arbeiten griff mit der Anlage der Vorrichtungen, die zur Vermischung und Verteilung der Rohstoffe zur Verfügung standen, ineinander. Schon die lagenweise Zusammenstellung der Erzsorten auf dem Möllerplatz war durch die Vorrichtung der »Möllerbetten« vorstrukturiert. Um zu verhindern, dass die Arbeiter beliebig hohe Haufen aufschichteten und infolgedessen Unterschiede zwischen den einzelnen Chargen entstanden, »geschieht [das Möllern] […] in Möllerbetten von 4 Fuß Höhe«.[71] Auch in

---

69 Ulrich Zumdick, Hüttenarbeiter im Ruhrgebiet. Die Belegschaft der Phoenix-Hütte in Duisburg-Laar, 1853–1914, Stuttgart 1990, S. 144.

70 Schönfelder, Die Ho[c]hofen-Anlage zu Hörde, in: Die baulichen Anlagen auf den Berg-, Hütten- und Salinenwerken in Preußen 1:1, 1861, S. 1–16, hier S. 9.

71 Jacob LeHanne, Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort, Oktober 1864, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 38.

weitere Geräte und Anlagen, wie die Gichtwagen, versuchten die Unternehmensleitungen die Gleichmäßigkeit der Arbeitsabläufe einzuschreiben.[72]

Zugleich waren die Eigenschaften der verhütteten Rohstoffe auf die Praktiken abgestimmt, mit denen sie auf die Gicht aufgegeben wurden – auch das lässt sich über die vorhanden Quellen gut rekonstruieren:

> »Die Qualität der Kohle mit Bezug auf ihre backende Eigenschaft und Tragfähigkeit ist für den Betrieb von der unmittelbarsten Wichtigkeit, während der Gehalt an erdigen Bestandtheilen und an Schwefelkies für die Erzgattierung [die Zusammenstellung verschiedener Erzsorten; S. H.] und den Kalkzuschlag […] zu einer nicht unwesentlichen Berücksichtigung kommt.«[73]

Kohle, Erz und Kalkstein mussten so beschaffen und aufbereitet sein, dass sie sich in Schichten auftragen ließen. Dazu war ihre Festigkeit, Grobkörnigkeit und ihre Reaktion in der Hitze des Hochofens von größter Bedeutung. Auf diese Weise waren die Eigenschaften der Rohstoffe, darunter auch Kalkstein in seiner spezifischen kompensatorischen Funktion, mit den Arbeitsabläufen verwoben. Aus praxeologischer Sicht formten sie zusammen einen »Block«, in dem Handlungen und Stoffe untrennbar aufeinander bezogen waren.

Theodore Schatzki, einer der führenden Theoretiker der Praxeologie, hat auf die Bedeutung solcher »practice-arrangement nexuses« hingewiesen, in denen Handlungsroutinen und materielle Arrangements einander bedingen.[74] Zu den Arrangements gehören technische Artefakte, wie die Hochöfen, aber auch Stoffe, die in den Praktiken eine Rolle spielen. Dass Arrangements und Handlungsroutinen einander bedingen, bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Stoffe und ihre spezifischen Eigenschaften Praktiken ermöglichen. Die Festigkeit, Grobkörnigkeit und die thermochemischen Reaktionen, die Kalkstein im Hochofenprozess entfaltete, sind ein Beispiel dafür. Zudem werden Stoffe in Praktiken angeeignet und geprägt[75] – bei Rohstoffen im Hinblick auf ihre Funktion im Produktionssystem. Winiwarter und Schmid erklären

---

72 Zumdick, Hüttenarbeiter im Ruhrgebiet, S. 143 f.

73 Conrad Heusler, Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben-und Hütten-Vereins zu Hochdahl, 1859, GStAPK, 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 49.

74 Theodore Schatzki, Nature and Technology, in: History and Theory 42:4, 2003, S. 82–93.

75 Vgl. Hans Peter Hahn/Jens Soentgen, Acknowledging Substances. Looking at the Hidden Side of the Material World, in: Philosophy and Technology 24:1, 2011, S. 19–33; Schatzki, Materiality and Social Life, S. 125 f.

in Anlehnung an Schatzki: »[A]rrangements are shaped by practices, being the material precipitates of these.«[76] Das heißt, was ein Rohstoff ist, wie er definiert wird und welche Wirkungen er entfalten kann, hängt davon ab, wie er in Praktiken eingebunden wird. So war auch die Funktion und Definition von Kalkstein, wie sie sich Mitte des 19. Jahrhunderts durchgesetzt hatte, in den Praktiken der Verhüttung eingeschrieben, über die zahlreiche Quellen Auskunft geben.

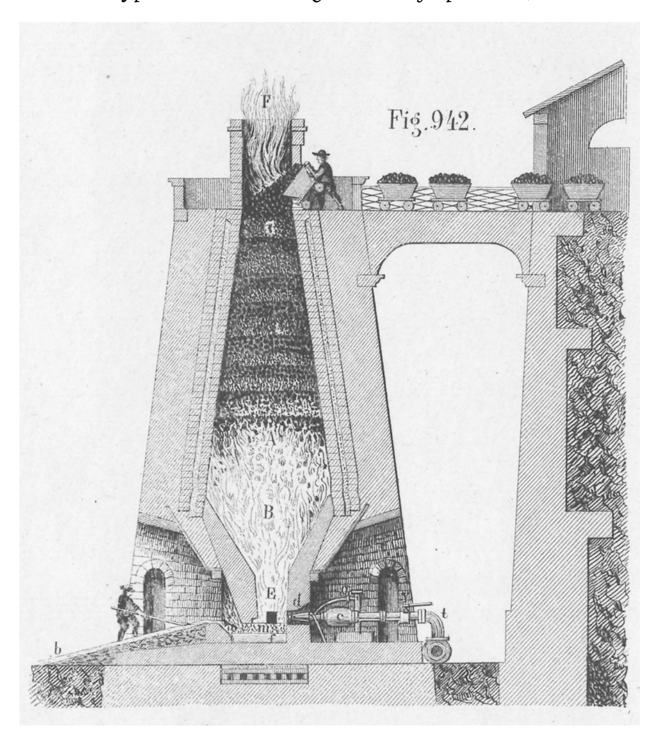
Der praxeologische Ansatz eignet sich nicht nur, um die Verwendung eines Rohstoffs zu einem bestimmten Zeitpunkt zu rekonstruieren, sondern kann auch dazu beitragen, dessen »Weg« in ein Produktionssystem zu erklären. Einerseits entwickeln Menschen Handlungsroutinen, die Stoffe hervorbringen und deren Eigendynamiken aktivieren oder katalysieren. Andererseits tun sie dies im Umgang mit Stoffen und deren materiellen Dynamiken, die die Veränderung von Routinen ermöglichen, erschweren oder verhindern. Mit dem Wandel von Praktiken geht immer auch der Wandel von Rohstoffen einher, die darin eingebunden sind.[77] Die Folgen dieses Wandels, die keineswegs immer vorhergesehen werden,[78] fließen wiederum in die Entwicklung von Handlungsroutinen der Verarbeitung ein. Es handelt sich, mit Schatzki, um eine »evolving domain«.[79]

Hier bietet sich eine Verknüpfung zum Konzept des sozionaturalen Schauplatzes nach Winiwarter und Schmid an. Demnach nehmen Menschen über ihre Praktiken »Natur« wahr und überführen diese »Wahrnehmungen« in »Repräsentationen«, die als Quellen überliefert sein können. Aus diesen generieren sie »Programme«, die als physisch verstandene »Arbeit« in Praktiken umgesetzt werden und Umweltveränderungen nach sich ziehen. Die daraus resultierenden Veränderungen werden wiederum wahrgenommen, in »Repräsentationen« überführt usw.[80] In diesem Modell wird deutlich, dass Menschen entscheidende Akteur:innen historischen Wandels sind, weil sie in der Lage sind, über Praktiken und deren »nexuses« mit Arrangements zu reflektieren und Veränderung einzuleiten. Thomas Welskopp hat in etwas anderer Zuspitzung vom »›Diskurs‹ als […] transformative Reflexionsinstanz« gesprochen.[81]

76 Winiwarter/Schmid/Dressel, Looking at Half a Millennium, S. 109.
77 Vgl. Shove/Pantzar/Watson, The Dynamics of Social Practice.
78 Vgl. Brüggemeier, Schranken der Natur.
79 Schatzki, Materiality and Social Life, S. 129.
80 Winiwarter/Schmid, Socio-Natural Sites.
81 Thomas Welskopp, Die Dualität von Struktur und Handeln. Anthony Giddens' Strukturierungstheorie als »praxeologischer« Ansatz in der Geschichtswissenschaft, in: An-

Im Diskurs werden Wahrnehmungsmuster geformt, Deutungen und Wissen über Stoffe wird konstruiert und normative Vorstellungen über den Umgang mit ihnen entwickelt – was nicht unbedingt bedeutet, die materielle Eigendynamik auch kontrollieren zu können.

Abb.: Idealtypische Visualisierung des Hochofenprozesses, 1858.



Carl Hartmann, Atlas zu dem Handbuche der Bergbau- und Hüttenkunde, Weimar 1858, Tafel XLII, Fig. 942.

Das zeitgenössische Verständnis der thermochemischen Prozesse der Eisenverhüttung speiste sich aus spezifischen Vorstellungen darüber, was im Hochofen geschah. In der idealtypischen Darstellung der Verhüttung (s. Abb.)

dreas Suter/Manfred Hettling (Hrsg.), Struktur und Ereignis in der Geschichtswissenschaft, Göttingen 2001, S. 99–119, hier S. 105.

wird deutlich, wie die Rohstoffe in klar voneinander abgegrenzten Schichten nach unten absanken und im unteren Drittel des Ofens in eine glühende Masse aus Roheisen und Schlacke übergingen. Im Absinken durchliefen die zu schmelzenden Erze, wie grafisch hervorgehoben, mehrere Zonen, in denen sie sich unter der bis auf 2500° C ansteigenden Hitze zersetzten und mit chemischen Bestandteilen des Steinkohlekokses und Kalksteins reagierten.[82] Die Tatsache, dass die Rohstoffe kontinuierlich in möglichst gleichmäßig und in homogenen Lagen auf die Gicht gegeben werden sollten, war dieser Modellannahme geschuldet.[83]

Es ist aber nicht nur der Diskurs über und das Verständnis von »natürlichen« Eigendynamiken, die Wandel oder Stabilität von Praktiken bestimmen, sondern auch der kreative physische oder körperliche Umgang mit materiellen Eigenschaften und Dynamiken. Frank Trentmann erläutert: »Practices have a dynamic force of their own, creating sensations, competencies, and plans […] entangled in a creative interplay with materiality.«[84] In der Tat war auch die Neukonzeption von Hochöfen Mitte des 19. Jahrhunderts stark von der kreativen Auseinandersetzung der Hüttenleute mit den Eigenschaften verschiedener Rohstoffsorten geprägt. Durch das Probieren unterschiedlichster Kombinationen entwickelten sie Erfahrungswissen darüber, wie sie die thermochemischen Prozesse im Hochofen optimieren konnten. Diese Art von kreativer Auseinandersetzung mit dem Material, die sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunehmend in die Labore verlagerte, ist für die historische Entwicklung der Praktiken genauso wichtig, wie die abstrakten Modellvorstellungen, in die sie Eingang fanden. Als »transformative Reflexionsinstanz«[85] hatte der Diskurs über Rohstoffe seine Grundlage in den »practice-arrangement nexuses« und wirkte sich zugleich auf die Weiterentwicklung der »practice-arrangement nexuses« aus.

Bei der historisch-kritischen Analyse von Quellen wie den hier zitierten, die dokumentieren, wie Rohstoffe in Praktiken eingebunden waren, handelt

82 Carl Hartmann, Atlas zu dem Handbuche der Bergbau-und Hüttenkunde, Weimar 1858, S. 1006–1009.

83 Bruno Kerl, Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium, Bd. 3, Leipzig 1864, S. 307.

84 Trentmann, Materiality in the Future of History, S. 294; vgl. LeCain, The Matter of History, S. 11.

85 Welskopp, Die Dualität von Struktur und Handeln, S. 105.

es sich um eine Beobachtung zweiter Ordnung.[86] Als Historiker:innen analysieren wir, welches Verständnis die Zeitgenoss:innen von Eigenschaften und Eigendynamiken von Stoffen hatten, um daraus Rückschlüsse zu ziehen, wieso sie diese in einer bestimmten Art und Weise nutzten. Es kommt gar nicht darauf an, ob die Repräsentation von Stoffen und deren Eigendynamik in diesen Quellen »korrekt« oder »richtig« ist. Deshalb ist es auch nicht zielführend, Ex-post-Wissen in Form aktueller naturwissenschaftlicher »Tatsachen« heranzuziehen, weil es nicht die handlungsleitende Wahrnehmung der Zeitgenoss:innen abbildet.[87] Vielmehr lassen sich die Eigenschaften und die Eigendynamik von Stoffen aus der zeitgenössischen Perspektive erfassen, und zwar so, wie sie als Bestandteil von »practice-arrangement nexuses« wahrgenommen wurden. In dieser Hinsicht ist die Beobachtung zweiter Ordnung sogar der Vorteil der historisch-kritischen Quellenanalyse. Denn sie erlaubt sowohl Aussagen über das handlungsleitende Verständnis als auch über die materiellen Eigenschaften von Stoffen in der Form, wie sie in Praktiken und Produktionssysteme eingebunden waren.

Die Quellen sind auch immer Bestandteil des transformativen Diskurses, der Veränderungen von Praktiken und Arrangements nach sich zog.[88] Insbesondere Handbücher, Vorschriften, Anleitungen oder Lieferverträge zielten darauf ab, Praktiken in einer bestimmten Art und Weise zu strukturieren. Sie prägen, wie Menschen Routinen durchführen und wie sie Arrangements anlegen, indem sie Wissen vermitteln oder Normen setzen. Andere Quellenarten wie Berichte, Analysen oder Beschwerden konnten Differenzen dokumentieren, die zwischen dem Beobachteten einerseits und den Wissensbeständen oder Normen andererseits auftraten. Das war vor allem dann der Fall, wenn sich Praktiken und Vorstellungen auseinanderentwickelten, weil sich entweder die Handlungsroutinen verändert hatten oder die Ansprüche, die an sie gerichtet wurden.[89] Diese Differenzen zeigten sich vor allem bei der Problematisierung von Störungen im Betriebsablauf oder in der Darstellung

---

86 Winiwarter/Schmid, Umweltgeschichte, S. 162; ausf. dazu Martin Knoll, Die Natur der menschlichen Welt. Siedlung, Territorium und Umwelt in der historisch-topografischen Literatur der Frühen Neuzeit, Bielefeld 2013.

87 Vgl. den Aufsatz von Stefanie Gänger in diesem Band; siehe auch Füssel, Praktiken historisieren, S. 279 f.; Espahangizi/Orland, Pseudo-Smaragde.

88 Lucas Haasis/Constantin Rieske, Historische Praxeologie. Eine Einführung, in: dies. (Hrsg.), Historische Praxeologie. Dimensionen vergangenen Handelns, Paderborn 2015, S. 7–54, hier S. 49.

89 Shove/Pantzar/Watson, The Dynamics of Social Practice, S. 98.

von Experimenten mit neuen Rohstoffen. Quellen lassen sich entsprechend in zwei Richtungen lesen. Einerseits als Medien eines die Praktiken strukturierenden Kontexts, andererseits als Indikatoren des Wandels innerhalb von Praktiken.

Der praxeologische Ansatz ist also nicht nur eine geeignete Methode, um die Funktion von Rohstoffen in Produktionssystemen im Sinne einer erweiterten Rohstoffgeschichte zu analysieren und die Faktoren zu bestimmen, die ihren »Weg« in das Produktionssystem prägten. Er unterstreicht auch die relative Offenheit der Rohstoffnutzung. Denn wenn sich Handlungsabläufe wandelten, bedeutete das oftmals auch, dass sich die Rohstoffe veränderten, die in diesen Praktiken verwendet wurden. Der Fokus auf Praktiken ermöglicht es, die historische Dynamik von Rohstoffen als Teil von »practice-arrangement nexuses« zu untersuchen, in deren Entwicklung es Alternativen, Pfade und Kontingenzen gab.

Mit den Praktiken ist eine Untersuchungseinheit benannt, über die die Funktion von Rohstoffen in Produktionssystemen mit den etablierten Methoden der Geschichtswissenschaft analysiert werden kann. Dieser Ansatz schärft sowohl den Blick für die soziale Konstruktion von Rohstoffen als auch für die materiellen Eigenschaften von Rohstoffen in ihren historischen Zusammenhängen. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, verschiedenste Quellentypen, die unter anderen Fragestellungen bereits vielfach in der Technik- und Wirtschaftsgeschichte genutzt worden sind, neu zu interpretieren. In dem hier skizzierten Analyserahmen dokumentieren die Quellen nicht nur den Nutzungswandel. Sie zeigen auch, wie sich die Eigenschaften von Rohstoffen im Laufe der Zeit veränderten, und vor allem ermöglichen sie Rückschlüsse auf die historischen Prozesse, in denen Stoffe zu Rohstoffen wurden.

Transversale Rohstoffgeschichten für eine Ressourcenwende

Abschließend möchte ich die erweiterte Rohstoffgeschichte, die ich in diesem Aufsatz umrissen habe, in einen breiteren geschichtswissenschaftlichen und politischen Zusammenhang einordnen. Zum einen ist es für eine Geschichte der Rohstoffe, die über die üblichen Rohstoffe und Interpretationen hinausgeht, unerlässlich, auf Konzepte aus verschiedenen historischen Subdisziplinen zurückzugreifen. In diesem Beitrag habe ich insbesondere Ansätze der Technik-, Umwelt-, Wissenschafts- und Wirtschaftsgeschichte miteinander kombiniert. Zum anderen hat dieser Ansatz auch Relevanz für aktuelle De-

batten über eine Ressourcenwende hin zu mehr Nachhaltigkeit. Die Alternativen, Pfade und Kontingenzen, die in der erweiterten Rohstoffgeschichte sichtbar werden, zeigen, dass die Spielräume der Rohstoffnutzung möglicherweise größer sind, als allgemein angenommen wird.

Das Erkenntnispotenzial der erweiterten Rohstoffgeschichte basiert vor allem auf den Möglichkeiten, transversale Geschichten zu schreiben, also Geschichten, die verschiedene Perspektiven miteinander verbinden, um neue Einsichten und Erklärungen zu generieren. Für die Geschichte des Kalksteins habe ich auf das Konzept der SCOT aus der Technikgeschichte zurückgegriffen und mit dem Modell der sozionaturalen Schauplätze auf die Umweltgeschichte, für praxeologischen Perspektiven auf die Wissenschaftsgeschichte und dann mit Fragen der Normierung, wie sie in institutionenökonomischen Ansätzen der Wirtschaftsgeschichte diskutiert werden, zusammengeführt. So unterschiedlich die Erkenntnisinteressen und Forschungstraditionen sind, so schärft die Kombination der Ansätze den Blick für Alternativen, Pfade und Kontingenzen und hilft dabei, das Wechselspiel zwischen sozialer Konstruktion und materiellem Wandel zu erklären.

Der Schlüssel zu transversalen Rohstoffgeschichten ist der Fokus auf die Praktiken, in dem die eigentlich sehr unterschiedlichen Forschungsansätze zusammenkommen und einander ergänzen können. Die routinemäßigen Handlungsabläufe am Hochofen, bei denen Mitte des 19. Jahrhunderts Kalkstein zum Einsatz kam, orientierten sich an dem zeitgenössischen Wissen über die thermochemischen Prozesse im Hochofen und waren von den, zunehmend chemisch gefassten, Vorstellungen über die »Natur« der Rohstoffe geprägt. Sie hingen aber auch auf das Engste mit der Konstruktion der Hochöfen, der Anlagen und der gesamten Lieferketten im technischen und institutionellen Sinn zusammen. Letztlich lässt sich das, was tagtäglich an den Hochöfen mit dem Kalkstein passierte, nur damit erklären, dass hier unterschiedliche Wissensformen, Interessen und Vorstellungen ineinandergriffen, über deren Konstruktion verschiedene historische Subdisziplinen Auskunft geben.

Umgekehrt können die erweiterte Rohstoffgeschichte und die Verknüpfungen, die sie herstellt, dazu beitragen, bestehende konzeptionelle Ansätze weiterzuentwickeln. Das gilt beispielsweise für die Forschungsdebatte, die in den letzten Jahren unter dem Schlagwort »Resource Frontier« wieder verstärkt darüber geführt wird, wann und unter welchen Bedingungen Rohstoffe wirt-

schaftlich nutzbar wurden.[90] Diese Diskussion hat die Aufmerksamkeit auf divergierende ökonomische Entwicklungspfade und globale Abhängigkeiten gerichtet und mit der Konstruktion von Wissen und Machtverhältnissen in Beziehung gesetzt.[91] Hier ist die Verbindung zwischen Wirtschafts- und Wissensgeschichte angelegt, die sich bisher weitgehend unabhängig voneinander mit Rohstoffen befasst haben. So haben die Ökonomen Jesse Czelusta und Gavin Wright konstatiert: »[resources] should not be seen as merely a fortunate natural endowment, but rather as a form of collective learning«.[92] Aus wissensgeschichtlicher Perspektive kommen Studien wie etwa Georg Fischers Arbeit zur Ausbeutung brasilianischer Eisenerzvorkommen zu dem ganz ähnlichen Ergebnis, »dass natürliche Rohstoffe nicht im Sinne eines apriorischen Ressourcendenkens ›einfach da‹ sind. Sie sind historisierbar, indem wir [...] die Ideen, die Netzwerke, Projekte und Planungen untersuchen, durch die sie zu Ressourcen in politischen, geschäftlichen und wissenschaftlichen Arenen [...] wurden.«[93] Die erweiterte Rohstoffgeschichte kann hier wichtige Impulse für die weitere Beschäftigung mit den »Resource Frontiers« liefern.

Vor allem bindet die erweiterte Rohstoffgeschichte die Prozesse der sozialen Konstruktion an den materiellen Wandel zurück. Sie erfüllt damit eine Forderung, die Sabine Höhler vor einigen Jahren als Anspruch an die »environmental humanities« formuliert hat: »[T]he humanities explore how the environment and environmental problems can be conceived of as historically and culturally constructed and yet provoke real material consequences [...].«[94] Solche Konsequenzen stellten sich dadurch ein, dass Rohstoffe mit einer spezifischen Funktion in Produktionssysteme einbezogen wurden. Denn trotz, oder

90 Edward Barbier, Scarcity and Frontiers. How Economies Have Developed Through Natural Resource Exploitation, Cambridge 2011; Marc Badia-Miró/Vicente Pinilla/Henry Willebald (Hrsg.), Natural Resources and Economic Growth. Learning from History, New York 2015, S. 67–69.

91 Per Högselius, The Historical Dynamics of Resource Frontiers, in: NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 28:2, 2020, S. 253–266; Andreas Sanders/Pål Thonstad Sandvik/Espen Storli (Hrsg.), The Political Economy of Resource Regulation. An International and Comparative History, 1850–2015, Vancouver 2019.

92 Jesse Czelusta/Gavin Wright, Resource Based Growth Past and Present, in: Daniel Lederman/William F. Maloney (Hrsg.), Natural Resources, Neither Curse nor Destiny, Palo Alto 2007, S. 183–211, hier S. 186.

93 Fischer, Globalisierte Geologie, S. 14.

94 Sabine Höhler, Spaceship Earth in the Environmental Age, 1960–1990, London 2015, S. 15.

gerade wegen ihres konstruierten Charakters prägten Wissen, Interessen und Vorstellungen auch die materiellen Eigenschaften von Stoffen und die Wirkungen, die sie bei ihrer Verarbeitung entfalteten. Das zeigt das Beispiel des Kalksteins, der Mitte des 19. Jahrhunderts im Hinblick auf seine kompensatorische Funktion im Hochofen als Rohstoff definiert wurde. Das Gestein, das fortan in Steinbrüchen abgebaut und in den Hochöfen zusammen mit Eisenerzen und Steinkohlekoks verhüttet wurde, also im materiellen Sinne gewonnen, transportiert und verbraucht wurde, entsprach dieser Konstruktion. Der materielle Wandel der Rohstoffnutzung ist somit untrennbar mit sozialen Konstruktionsprozessen verflochten.

Die erweiterte Rohstoffgeschichte trägt dadurch auch zu einem besseren Verständnis der Herausforderungen bei, die sich gegenwärtig im Zusammenhang mit Forderungen nach einer Ressourcenwende stellen.[95] Wenn beispielsweise die EU-Kommission in ihrer Rohstoffstrategie vor einigen Jahren bemerkte, dass die Nutzung bestimmter Stoffe historisch wandelbar sei,[96] dann ist die Erklärung dieses Wandels höchst relevant, um eine Ahnung davon zu bekommen, wie solche Wandlungsprozesse möglicherweise aktiv gestaltet werden können. Die Diskussion darüber, wie Stoffe nachhaltiger genutzt werden können oder wie sich »kritische« Rohstoffe substituieren lassen, kann jedenfalls von den Einsichten einer erweiterten Rohstoffgeschichte profitieren.[97] Denn sie zeigt die Pfade auf, die zu den gegenwärtigen Mustern der Rohstoffnutzung geführt haben und gibt damit Hinweise auf Alternativen, die in der Zukunft genutzt werden könnten. Und genau auf solche Alternativen wird es ankommen, wenn eine Ressourcenwende gelingen soll. Hier hilft der Blick in die Geschichte der Rohstoffe, um gesellschaftliche Handlungsmöglichkeiten auszuloten.

---

95 Vgl. Armin Reller u. a. (Hrsg.), Ressourcenstrategien. Eine Einführung in den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, Darmstadt 2013; Andreas Exner/Martin Held/Klaus Kümmerer (Hrsg.), Kritische Metalle in der Großen Transformation, Berlin 2016; sowie die Website »ressourcenwende«, https://www.ressourcenwende.net [25.4.2023].

96 EU Commission Ad hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials, Report on Critical Raw Materials for the EU, 2014, S. 7.

97 Vgl. Matthias Heymann u. a., Challenging Europe. Technology, Environment, and the Quest for Resource Security, in: Technology and Culture 61:1, 2020, S. 282–294; Hanna Vikström, Risk or Opportunity? The Extractive Industries' Response to Critical Metals in Renewable Energy Technologies, 1980–2014, in: The Extractive Industries and Society 7:1, 2020, S. 20–28.

Helium in Bewegung

Flüchtiges Speichern in der Stoff- und Infrastrukturgeschichte (1920–1960)

Christian Zumbrägel

Industriegase sind ständig in Bewegung. Sauerstoff, Wasserstoff und Helium zirkulieren als Handelswaren um die Welt, derweil sich in Abhängigkeit von Temperatur und Druck die Aggregatzustände und damit auch die spezifischen Stoffeigenschaften einzelner Gase verändern. Als flüchtige Substanzen verfügen sie zudem über ein ausgeprägtes Dissipationsvermögen. Gase zerstreuen sich, sobald es ihnen gelingt, dem technischen Zugriff zu entfliehen. Im Unterschied zu defekten Dingen und Objekten, die sich meist wieder reparieren lassen, ist eine Verteilung dieser Stoffe im Raum unumkehrbar; selbst mit größter Anstrengung gelingt es nicht, einmal entwichene Gasmoleküle wieder zusammenzuführen.[1] Die stofflichen Eigenaktivitäten regten bereits in der Frühen Neuzeit Chemiker, Naturforscher und Physiker zum kreativen Umgang mit dieser Stoffgruppe an; sie untersuchten die Luft auf ihre Bestandteile und Eigenschaften und entwickelten Methoden, um unterschiedliche »Luftarten« auffangen, aufbewahren und analysieren zu können.[2] Das Dissipationsvermögen führte die Verwendung einzelner Gase aber immer wieder an Grenzen, da es lange schwierig blieb, die oft unsichtbaren Substanzen in Reinform zu isolieren und über längere Zeit verfügbar zu halten. Deshalb waren und sind geeignete Speicher- und Transportvorrichtungen eine unabdingbare Voraussetzung für die industrielle Anwendung gasförmiger Stoffe.

1 Vgl. Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 21.

2 Vgl. Ebbe Almqvist, History of Industrial Gases, New York, NY 2003, S. 7–45; Christoph Meinel/Dietmar Bleidick, »Gas«, in: Enzyklopädie der Neuzeit Online, 2019, http://dx.doi.org/10.1163/2352-0248_edn_COM_268684 [25.4.2023].

Anhand der Infrastrukturen der Gaslogistik lassen sich die Eigenaktivitäten beschreiben, die transportierte Gase entlang ihrer Wertschöpfungskette entfalten. In den technischen Ausführungen der Gasspeicher und Transportgefäße materialisierten sich die Wechselwirkungen zwischen stofflichen und anthropogenen Aktivitäten, d. h., den Bemühungen der Wissenschaftler:innen und Techniker:innen, Gase dauerhaft verfügbar zu halten, die dabei aber immer wieder von den Bewegungen der transportierten Stoffe ausgebremst wurden. Diese soziomateriellen Verflechtungen beschreibt der Aufsatz am Beispiel des Edelgases Helium, dessen Geschichte vielfältige Bewegungsvorgänge auf unterschiedlichen Ebenen durchkreuzten, die die Verwendung der flüchtigen Substanz regelmäßig vor Herausforderungen stellten. Helium ist unter den Industriegasen der einzige endliche Rohstoff. Das Edelgas wird seit Anfang des 20. Jahrhunderts als Bodenressource aus Erdgasfeldern extrahiert. Nur an wenigen Orten der Welt weisen die Felder einen so hohen Heliumanteil auf, dass sich der Abbau lohnt, etwa im Mittleren Westen der Vereinigten Staaten. Die geografisch ungleiche Verteilung des Rohstoffs erhöht den Transportaufwand.[3] Jeder Kubikmeter des flüchtigen Gases hat zwischen der Lagerstätte und dem Ort des Verbrauchs ein weitläufiges Netzwerk der Gaslogistik zu passieren, das sich aus technischen Bausteinen wie Metallzylindern, Kesselwaggons und unterirdischen Gaskavernen zusammensetzt.[4] Die Stoffdynamik des Heliums stellt enorme Anforderungen an das technische Niveau der Logistikkette, genauso wie an das Design und die materielle Beschaffenheit dieser Speicher- und Transportvorrichtungen, deren Aufgabe es ist, die flüchtige Handelsware in Bewegung zu setzen und gleichzeitig unter Kontrolle zu halten. Helium ist nämlich auch, nach Wasserstoff, das zweitleichteste Element im Periodensystem. Es diffundiert bei Normaltemperatur mühelos durch diverse Materialien und entweicht leicht und unwiederbringlich in die Atmosphäre.

Die Effekte der stofflichen Eigenaktivität von Helium sind im wissenschaftlichen und technischen Umgang mit dem Edelgas zu erkennen – aus einer Perspektive, die Stoff- und Infrastrukturgeschichte zusammenführt. Dieser konzeptionelle Ansatz wird im ersten Abschnitt des Aufsatzes vorgestellt. Der zweite Teil skizziert in Umrissen die Geschichte des Stoffes Heliums

3 Vgl. Sebastian Haumann, »Kritische Rohstoffe«, in: Jens Ivo Engels/Alfred Nordmann (Hrsg.), Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um Kritische Infrastrukturen, Bielefeld 2018, S. 97–122, hier S. 106.

4 Vgl. Almqvist, History of Industrial Gases, S. 130.

im 20. Jahrhundert, mit der sich zwar schon ehemalige Gasingenieure, Luftschiffkapitäne und Tauchpioniere in autobiografischen Rückblicken auf die eigene Wirkungsgeschichte befasst haben, die bisher aber noch nicht Thema einer umfassenden geschichtswissenschaftlichen Betrachtung geworden ist.[5] Im dritten Abschnitt rücken drei Infrastrukturen der Heliumdistribution in den Blick, anhand derer sich die analytischen Vorteile des gewählten stoff- und infrastrukturhistorischen Zugriffs empirisch verdeutlichen lassen. Betrachtet werden das schienenbasierte Verteilungsnetzwerk, das zu Anfang des 20. Jahrhunderts zum Rückgrat der amerikanischen Heliumversorgung wurde, die heliumspezifischen Pipelinesysteme nahe der Förderstätten im Mittleren Westen und schließlich der unterirdische Gasspeicher im Cliffside Field in Texas, mit dem die amerikanische Bergbaubehörde, das US-Bureau of Mines (BoM), sukzessive eine gigantische nationale Heliumreserve aufbaute.

Aufgrund der faktischen Monopolstellung bei der Heliumförderung liegt der Fokus im Folgenden geografisch und zeitlich auf den Entwicklungen in den Vereinigten Staaten zwischen den 1920er und 1960er Jahren – ein Zeitraum, in dem das Edelgas als Traggas sowie als Atemgas in der Tauchtechnik an Bedeutung gewann. Bereits während des Ersten Weltkrieges ging das Edelgas vom Laborstoff zum Industriegas über; aber erst ab der Zwischenkriegszeit bauten staatliche und militärische Akteure allmählich eine nationale Logistikkette auf, die das Edelgas von den Förderstätten im Mittleren Westen zu den Zentren des Gasverbrauchs, etwa den Luftschiffhäfen, an der amerikanischen Ostküste beförderte. Der Aufsatz konzentriert sich auf diese infrastrukturelle Verteilung des Heliumgases. Ab den 1970er Jahren wurde der Bedarf an Heliumgas von einer erhöhten Nachfrage nach kondensiertem Flüssighelium überlagert. Zeitgenoss:innen bezeichneten das tiefkalte Flüssighelium als »entirely different«; als einen Stoff, dessen chemisch-physikalische Eigenschaften nicht mehr viel mit denen des gasförmigen Heliums zu tun hatten.[6] Nicht nur war das Flüssighelium damit in ganz anderen Anwendungsfeldern, wie der

5 Die bislang einzige Heliumgeschichte verfasste Clifford W. Seibel, der zwischen den 1930er und 1950er Jahren am US-Bureau of Mines das US-Heliumprogramm leitete. Vgl. ders., Helium. Child of the Sun, Lawrence 1968; für eine zeitgenössische Einordnung siehe Richard B. Moore, Helium. Its History, Properties, and Commercial Development, in: Journal of the Franklin Institute 191:2, 1921, S. 145–198.

6 Herbert Yahraes, Mystertious Liquid Acts Like Atoms, in: Popular Science, August 1947, S. 77–81, hier S. 80.

Medizin- und Halbleitertechnik, zunehmend gefragt, sondern auch die Mechanismen der Stoffverteilung gründeten auf anderen Speicher- und Transportstrukturen.[7] Von dieser Entwicklung ab dem letzten Drittel des 20. Jahrhunderts wird hier weitgehend abstrahiert.

Flüchtige Gase in der Geschichte

In ihrem Sammelband *Stoffe in Bewegung* kennzeichneten Kijan Espahangizi und Barbara Orland die historische Analyse stofflicher Bewegungsvorgänge, das Changieren der Stoffe zwischen unterschiedlichsten Ausprägungen und Reichweiten, als ein methodisch anspruchsvolles Unterfangen.[8] Dies trifft in besonderem Maße auf die Stoffgruppe der Gase zu, bei der wir es mit Substanzen zu tun haben, die als Ware in Handelsnetzen zirkulieren und gleichzeitig in ihren stofflichen Eigenschaften hochmobil und flüchtig – oftmals auch unsichtbar – sind. In der Geschichte der Industriegase sind demnach vielfältige Stoffmobilitäten miteinander verflochten, was gasförmige Substanzen als Gegenstand der historischen Analyse komplex macht. Zudem fehlen bislang Konzepte und Ansätze, die es ermöglichen, diese Stoffdynamiken miteinander zu verbinden und in ihren wissenschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Effekten näher zu bestimmen, ohne dabei den Untersuchungsgegenstand selbst – die Stoffe und ihre Eigenschaften – als einen wirkmächtigen Einflussfaktor des historischen Prozesses zu vernachlässigen. So liegen zwar zu zahlreichen (globalen) Rohstoffen und Konsumgütern Stoffbiografien vor, in diesen bleibt allerdings allzu oft im Dunkeln, welche Arbeitskräfte, Techniken und Maschinen in der Vergangenheit daran beteiligt waren, die Logistikketten zwischen den Orten der Stoffproduktion und den Zentren des Stoffverbrauchs am Laufen zu halten.[9] Jan Hansen und Frederik Schulze hielten in

7 Vgl. Hugh Long, The Commercial Production, Storage and Distribution of Liquid Helium, in: Yong Zhou (Hrsg.), Liquid Helium Technology: Proceedings of the International Institute of Refrigeration, Boulder 1966, S. 187–214.

8 Vgl. Kijan Espahangizi/Barbara Orland, Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, in: dies. (Hrsg.), Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, Zürich/Berlin 2014, S. 11–35, hier S. 27 f.

9 Vgl. Heike Weber, Material Flows and Circular Thinking, in: Sebastian Haumann/Martin Knoll/Detlev Mares (Hrsg.), Concepts of Urban-Environmental History, Bielefeld 2020, S. 125–143, hier S. 128.

ihrem Aufsatz zur Materialität der Infrastrukturgeschichte fest: »While histories of primary goods such as cotton or coffee are numerous, studies that analyse the relevance of infrastructures for the exchange of such resources still have to be written.«[10] Dieses Desiderat trifft ebenfalls auf historische Forschungen zur Industriegasbranche zu. Wirtschafts- und technikhistorische Studien haben sich mit der Entdeckung, Produktion und Synthese einzelner Gase befasst oder aber die Geschäftsfelder der Industriegase näher untersucht, die sich im Laufe des 20. Jahrhundert immer weiter ausdiversifiziert haben: hochreiner Sauerstoff für die Stahlgewinnung und die medizinische Versorgung, Stickstoff für die Landwirtschaft und Munitionsproduktion sowie Wasserstoff und Edelgase für die Halbleiterfertigung, Energiewirtschaft und Tauchbranche.[11] Zwischen der Produktion und der industriellen Anwendung dieser Gase standen allerdings komplexe Vorgänge des Speicherns und Transports, die es überhaupt erst ermöglichten, Stoffe als Ware zu veredeln und zu akkumulieren.[12] Jene Zwischenschritte werden in stoffhistorischen Studien allzu oft als Black-Box behandelt, kritisierte der Philosoph und Chemiker Jens Soentgen und ergänzte: »Stoffe [müssen] erst einmal von Menschen in jene ›Bahnen‹ gebracht und gehalten werden«, bevor wir sie nutzen können.[13]

An der Schnittstelle von Energie- und Infrastrukturgeschichte liegen zwar Forschungsarbeiten vor, die der Zirkulation von (Energie-)Rohstoffen in technischen Systemen nachgehen. Sie nähern sich dem Stofftransfer aber zumeist in technisch-wirtschaftlichen Erklärungsansätzen, die den dynamischen Eigenschaften der mobilisierten Stoffe selten Beachtung schenken. Genauer untersucht ist etwa, wie sich in der technischen Moderne transnationale Netz-

---

10 Frederik Schulze/Jan Hansen, Toward a Material History of Infrastructure, in: ICON. Journal of the International Committee for the History of Technology 26:1, 2021, S. 67–89, hier S. 79.

11 Vgl. Andrew Butrica/Deborah Douglas, Out of Thin Air. A History of Air Products and Chemicals, 1940–1990, Silver Spring, MD 1990; Matthias Heymann, Forscher, Pioniere und Visionäre. Wasserstoff als Energieträger, München 2009, S. 19–39; Ralf Banken/Ray Stokes, Aus der Luft gewonnen. Die Entwicklung der globalen Gaseindustrie 1880–2012, München/Zürich 2014.

12 Vgl. Monika Dommann, Warenräume und Raumökonomie: Kulturtechniken des Lagerns, in: Tumult. Schriften für Verkehrswissenschaft 38, 2012, S. 48–60, hier S. 59.

13 Jens Soentgen, Die »Mobilmachung der Materie«. Stoffströme und Stoffkreisläufe aus Sicht der stoffgeschichtlichen Forschung, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 12:2, 2020, S. 32–40, hier S. 32.

werke der Erdgasversorgung entwickelt haben.[14] Der beförderte Energierohstoff tritt in diesen Perspektiven allerdings nur als eine passive Ressource in Erscheinung, die in Pipelinenetzen und Gastankern von den Förderanlagen zu den industriellen Zentren verschoben wurde. Während die Stoffe allerdings die Leitungen und Rohre durchströmten, entfalteten sie oftmals beträchtliche Kräfte, die Störungen im Betriebsablauf verursachten und den Stofftransfer sabotieren konnten.[15]

Jüngere Forschungen zur Stoff- und Infrastrukturgeschichte haben diese Eigenaktivitäten bewegter Stoffe entlang ihrer Wertschöpfungskette bislang selten systematisch untersucht. Dabei liefern gerade klassische Ansätze der Infrastrukturforschung hilfreiche Perspektiven, die diese Stoffbewegungen in ihren Effekten auf soziotechnische Abläufe analytisch greifbar machen können. Besonders einflussreich war und ist der Ansatz der »Large (Socio-)Technical Systems« (LTS), mit dem der Technikhistoriker Thomas P. Hughes bereits in den 1980er Jahren die Entstehung, Verbreitung und Beharrungskraft technischer Infrastrukturen auf der Systemebene erklärte.[16] Technikhistoriker:innen und -soziolog:innen zogen diesen Ansatz vielfach als Analyserahmen heran, um die Entwicklung verschiedener Infrastruktursysteme zu verdeutlichen – von der Elektrizität über die Wasserversorgung und den Verkehr bis zum Internet. In stoffbezogenen Forschungen spielte der Ansatz bislang aber kaum eine Rolle, um etwa die Zirkulation von Stoffen in technischen Transportnetzwerken zu untersuchen.[17]

14 Vgl. Alain Beltran, The French Gas Network and new Technologies since 1946, in: History and Technology 8:3-4, 1992, S. 263–273; Ole Hyldtoft, Modern Theories of Regulation. An Old Story. Danish Gasworks in the Nineteenth Century, in: Scandinavian Economic History Review 42:1, 1994, S. 29–53; Arne Kaijser, Striking Bonanza. The Establishment of a Natural Gas Regime in the Netherlands, in: Olivier Coutard (Hrsg.), The Governance of Large Technical Systems, London 1999, S. 38–57; Matthias Heymann, Ingenieure, Märkte und Visionen. Die wechselvolle Geschichte der Erdgasverflüssigung, München/Zürich 2005; Per Högselius, Red Gas: Russia and the Origins of European Energy Dependence, New York, NY 2013.

15 Benjamin Steininger, Pipeline. Am Puls der fossilen Moderne, in: Espahangizi/Orland (Hrsg.), Stoffe in Bewegung, S. 231–244, hier S. 238.

16 Vgl. Thomas P. Hughes, Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880–1930, Baltimore, MD 1983.

17 Vgl. Christian Zumbrägel, Die vorindustriellen Holzströme Wiens. Ein sozionaturales großtechnisches System?, in: Technikgeschichte 81:4, 2014, S. 335–362, https://doi.org/10.5771/0040-117X-2014-4-335-1; Sebastian Haumann, Towards a Historical Under-

Der LTS-Ansatz basiert auf einer für stoffhistorische Forschungen wichtigen Ausgangsüberlegung. Hughes versteht technische Systeme bzw. Infrastrukturen als ein Ensemble sozialer und materieller Komponenten, die nicht nur technische Artefakte, sondern auch Rohstoffe umfassen: »[b]ecause they are […] adapted in order to function in systems, natural resources […] also qualify as system artifacts«.[18] Rohstoffe sind demnach Elemente technischer Systeme, in denen sie mit technischen Artefakten wie Maschinen und Anlagen, gesetzlichen Rahmenbedingungen, institutionellen Strukturen und unternehmerischen oder ingenieurtechnischen Handlungen eng verflochten sind. Verändert einer dieser soziomateriellen Bausteine seine Eigenschaften durch menschliche Eingriffe, technische Störungen oder stofflichen Eigenaktivitäten, dann hat das in der Regel auch Änderungen bei den anderen Systemkomponenten zur Folge, was sich meist auf die Funktionalität der gesamten Infrastruktur auswirkt.

Greifbar werden diese soziomateriellen Verflechtungen vor allem dann, wenn die Ressourcenzufuhr ins Stocken gerät. Hughes spricht in seiner Analyse von »bottlenecks« bzw. »reverse salients«, die das Wachstum großtechnischer Systeme immer wieder an Grenzen führe.[19] In der Logistikkette der Industriegasbranche wurden neben witterungsbedingten Veränderungen oftmals die transportierten Gase selbst zu Bremsklötzen des kontinuierlichen Stofftransfers. Bei Druck- und Temperaturänderungen verstärkten sich die Eigenaktivitäten der Gase, sodass Behälter zerbarsten, Schweißnähte rissen und Sicherheitsventile platzten. Diese Störfaktoren forderten die wissenschaftlich-technischen Experten der Gasbranche zu Reaktionen auf. Wenn beispielsweise Gas aus einem Pipeline-Leck entwich, unternahmen Ingenieure und Gasunternehmer Anstrengungen, um die Fehlerquelle in der

standing of Critical Raw Materials. Suggestions from a History of Technology Perspective, in: GAiA 27:4, 2018, S. 373–378, hier S. 374.

18 Thomas P. Hughes, The Evolution of Large Technological Systems, in: Wiebe E. Bijker/Thomas P. Hughes/Trevor Pinch (Hrsg.), The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge, MA 1987, S. 51–82, hier S. 51; s. auch Haumann, Towards a Historical Understanding, S. 376.

19 Hughes, Evolution of Large Technological Systems, S. 73–75; Christian Zumrägel, Dreißig Jahre danach: Thomas P. Hughes' *Networks of Power* als Leitkonzept der Stadt- und Technikgeschichte, in: Informationen zur modernen Stadtgeschichte H. 1/2015, S. 93–98, hier S. 94.

Logistikkette zu lokalisieren und zu korrigieren. In Laborversuchen und Testverfahren generierten sie neues Wissen über die chemisch-physikalischen Eigenschaften der transportierten Gase. Dieses Wissen brachten sie schließlich in ihre technischen Konstruktionen für Behälter, Rohre und Leitungen ein, um die Stoffbewegungen unter umfassendere Kontrolle zu bringen. Die Speicher- und Transportinfrastrukturen der Gaslogistik waren damit Orte einer intensiven Wissensproduktion, an denen die technischen Experten der Gasbranche neues Wissen im Stoffumgang produzierten und ihre technischen Lösungen an die Eigenschaften der flüchtigen Substanzen anpassten.

Stehen diese in vielen Stoffgeschichten nicht sichtbaren infrastrukturellen Schnittstellen hingegen im Zentrum der Analyse, dann lässt sich ein Perspektivwechsel weiterdenken, den Susan Leigh Star und Geoffrey Bowker mit dem Begriff der »infrastructural inversion« bereits im Jahr 1999 angeregt haben.[20] Sie schlugen vor, Infrastrukturen als ein Brennglas zu verstehen, durch deren Untersuchung relationale Zusammenhänge sichtbar würden, sodass zu erkennen sei, wie soziale, technische und stoffliche Einflussfaktoren in Infrastrukturen zusammenwirkten.[21] Diese Perspektivierung kann auch der Geschichte der Industriegase neue Impulse verleihen, wenn wir die Speicher- und Transportinfrastrukturen der Gasbranche als einen analytischen Zugang begreifen, um einerseits die Effekte stofflicher Eigenaktivitäten auf soziotechnische Prozesse nachzuvollziehen und andererseits die Unwägbarkeiten und Störanfälligkeiten stofflicher Logistikketten aufzudecken, die den kontinuierlichen Stofftransfer in regelmäßiger Wiederkehr durchkreuzten.

---

20 Geoffrey C. Bowker/Susan Leigh Star, Sorting Things Out. Classification and Its Consequences, Cambridge, MA 1999, S. 34.

21 Infrastrukturforschungen der Geografie und Anthropologie haben diesen Kerngedanken bereits aufgegriffen und weiterentwickelt, um in den Worten des Kulturanthropologen Ashly Carse zu verdeutlichen, dass Infrastrukturen »not things, but bundles of relationships« sind. Vgl. ders., The Anthropology of the Built Environment: What Can Environmental Anthropology Learn from Infrastructure Studies (and Vice Versa)?, in: Engagement (Blog), 17.5.2016, https://aesengagement.wordpress.com/2016/05/17/the-anthropology-of-the-built-environment-what-can-environmental-anthropology-learn-from-infrastructure-studies-and-vice-versa/ [25.4.2023].

Die Stoffgeschichte des Heliums: Vom Laborstoff zum Industriegas bis zum strategischen Rohstoff

In den 1860er Jahren gab ein physikalisches Phänomen Wissenschaftlern in Europa Rätsel auf. Zwei Astronomen, der Franzose Jules Janssen und der Brite Joseph Norman Lockyer, hatten unabhängig voneinander mithilfe des Spektroskops eine helle gelbe Linie im Lichtspektrum des Sonnenlichts entdeckt, die sie und ihre Kollegen keinem der bis dahin bestimmten Elemente aus der Stoffklasse der Gase zuordnen konnten.

Dabei hatten sich die neuen Erkenntnisse über die Stoffklasse der Gase in den Jahrhunderten, besonders aber in den Jahrzehnten, zuvor regelrecht überschlagen. Mitte des 17. Jahrhunderts bemerkte der Arzt und Alchemist Johan van Helmont, dass bei Fermentationsvorgängen in ihren Eigenschaften unterscheidbare Substanzen freigesetzt werden. Diese Substanzen klassifizierte er als Gase und grenzte sie von der Umgebungsluft sowie den bekannten Dünsten und Dämpfen ab.[22] Der von van Helmont geprägte Gasbegriff erschloss der Chemie eine völlig neue Stoffklasse, der die Chemiker und Naturforscher des 17. und 18. Jahrhunderts vorerst allerdings wenig Beachtung schenkten; nicht nur weil ihr Interesse eher Festkörpern und Flüssigkeiten galt, sondern auch weil für die Bestimmung der Gase zuverlässige Messmethoden fehlten.[23] Stephen Hales entwickelte in den 1720er Jahren mit dem pneumatischen Trog eine Apparatur, mit dessen Hilfe sich entweichende Gase auffangen ließen. Die erste Gassorte, die der englische Physiker Joseph Black auf diese Weise identifizierte, war das Kohlenstoffdioxid. In den 1770er Jahren entdeckte der englische Geistliche Joseph Priestley eine Vielzahl weiterer »Luftarten«, deren Eigenschaften Wasserstoff und Sauerstoff entsprachen. Auch der Apotheker Carl Wilhelm Scheele beschrieb in seinen Untersuchungen der Luft zahlreiche stickstoffhaltige Gasverbindungen, wie etwa das Ammoniak.

Die entscheidende konzeptionelle Neuorientierung in der pneumatischen Chemie brachte die von Antoine Laurent de Lavoisier im ausgehenden 18. Jahrhundert begründete Lehre der drei Aggregatzustände. Der französische Naturforscher vertrat die Ansicht, dass sich alle Stoffe durch Temperaturänderungen in drei Zustände umwandeln ließen: Festkörper, Flüssigkeit und ein »luftförmiges Fluidum« (*fluide aériforme*). Damit bereitete Lavoisier die Grundlage dafür, dass William Ramsay, Professor für Chemie am University

22 Vgl. Almqvist, History of Industrial Gases, S. 12–17; Meinel/Bleidick, Gas.

23 Zur Begriffsgeschichte der Gase siehe Soentgen, Konfliktstoffe, S. 164 f.

College in London, Ende des 19. Jahrhunderts die Edelgase entdecken konnte. In seinen Versuchen zur Zusammensetzung der Luft hatte Ramsay 1894 neben Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid einen weiteren Luftbestandteil ausfindig machen können, der in schwindend geringer Konzentration vorlag. Es gelang ihm, eine bislang unbekannte gasförmige Substanz zu isolieren, die mit keinem anderen Element reagierte, weshalb Ramsay und sein Kollege Lord Rayleigh (John William Strutt) das Gas nach dem altgriechischen Gott *argos* (der Träge) benannten.[24]

Zu diesem Zeitpunkt gingen Chemiker, Physiker und Astronomen noch davon aus, dass die stoffliche Zusammensetzung der Atmosphäre vollständig erforscht sei. Die in den 1860er Jahren von Janssen und Lockyer im Sonnenlicht beobachtete gelbe Spektrallinie konnte jedoch niemand einem der bekannten Gase zuordnen, woraufhin sie der britische Astronom einem neuen Element zuschrieb, das er nach dem griechischen Wort für Sonne benannte (*helios* = Sonne). Als Ramsay 1895 eine Probe radioaktiven Erdgesteins auf eine höhere Konzentration von Argon untersuchte, stellte er Spuren eines weiteren Gases fest, dessen Spektrallinie an Lockyers Hypothese der Existenz des Sonnenelements Helium erinnerte, für dessen Nachweis auf der Erde Ramsay 1904 den Nobelpreis erhielt.[25]

In dieser frühen Entdeckungsgeschichte spielte Helium ausschließlich als Laborstoff eine Rolle. Das Edelgas lag nur in kleinen Mengen vor, die in aufwendigen Verfahren durch die Zerlegung der Luft gewonnen oder aus radioaktiven Gesteinsproben extrahiert wurden. Am Royal Institute in London und im Kältelaboratorium der Universität Leiden unternahmen die Pioniere der Tieftemperaturphysik James Dewar und Heike Kamerlingh Onnes enorme Anstrengungen, um das Element mit dem niedrigsten Siedepunkt im Periodensystem nahe des ›absoluten Nullpunkts‹ bei etwa -270 °C zu kondensieren.[26] Nach vielen Rückschlägen, weil zu wenig Heliumgas verfügbar war oder die Laborgeräte nicht den hohen Druckverhältnissen standhielten, gelang Onnes im Jahr 1908 die Verflüssigung des Gases.[27]

---

24 Vgl. Almqvist, History of Industrial Gases, S. 123–125.

25 Helge Kragh, The Solar Experiment: A Reconsideration of Helium`s Early History, in: Annals of Science 66:2, 2009, S. 157–182, hier S. 180 f.

26 Vgl. Dirk van Delft, Facilitating Leiden's Cold: The International Association of Refrigeration and the Internationalisation of Heike Kamerlingh Onnes's Cryogenic Laboratory, in: Centaurus 49:3, 2007, S. 227–245, hier S. 228.

27 Vgl. Kurt Mendelssohn, Die Suche nach dem absoluten Nullpunkt, München 1966, hier S. 66–71; Tom Shachtman, Absolute Zero and the Conquest of Cold, Boston 1999,

Noch im Jahr 1897 formulierte der deutsche Chemiker Clemens Winkler, dass »Helium [auf Erden] anscheinend sehr spärlich vertreten« und »unter den seltenen Elementen eines der seltensten« sei.[28] Erst rund zehn Jahre später stieß eine Ölfirma bei Versuchsbohrungen im US-Bundesstaat Kansas auf riesige Erdgasfelder, deren Gasgemisch weder brannte noch explodierte, was Hamilton Cady, Chemiker an der Universität Kansas, auf die inerten Eigenschaften des Edelgases zurückführte, das in den Erdgasfeldern in hoher Konzentration eingeschlossen war.[29]

Der Übergang des Heliums von seiner Nutzung als Laborstoff hin zum Industriegas war eng mit dem Ersten Weltkrieg und den Entwicklungen in der militärischen Luftfahrt verknüpft, als amerikanische und britische Luftschiffpioniere die Vorzüge des nicht entflammbaren und leichten Stoffes als Traggas erkannten.[30] Als »balloon juice« sollte Helium hochexplosiven Wasserstoff aus Militärluftschiffen der US-Navy verdrängen.[31] Mit dem Kriegsbeitritt der Vereinigten Staaten weiteten die dem US-Innenministerium unterstellten Behörden, das BoM und der United States Geological Survey (USGS), die Suche nach nationalen Heliumvorräten massiv aus. Gasingenieure nahmen in Nähe der weitläufigen Erdgasfelder im Mittleren Westen systematische Explorationen und Bestandsaufnahmen vor. Bei Testbohrungen im Panhandle Field stießen sie auf weitere heliumreiche Erdgasquellen. In Zusammenarbeit mit dem Navy Department errichtete das BoM in den Bundesstaaten Kansas und Texas die ersten Infrastrukturen der Heliumförderung: drei kleine Versuchsanlagen, die

S. 211; Simón Reif-Acherman/Heike Kamerlingh Onnes, Master of Experimental Technique and Quantitative Research, in: Physics in Perspective 6:2, 2004, S. 197–223; Dirk van Delft, Little Cup of Helium, Big Science, in: Physics Today 61:3, 2008, S. 36–42, hier S. 38–41.

28 Clemens Winkler, Über die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten 25 Jahre u. damit zusammenhängende Fragen, in: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 30, 1897, S. 6–21, hier S. 18.

29 Vgl. Martin L. Levitt, The Development and Politicization of the American Helium Industry, 1917–1940, in: Historical Studies in the Physical and Biological Sciences 30:2, 2000, S. 333–347, hier S. 335.

30 Vgl. Richard Lepsius, Verdichtete und verflüssigte Gase im Krieg, in: Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase 24, 1925, S. 17–19, hier S. 18.

31 Jean Ackermann, America has a Corner on Balloon Juice, in: Popular Science, August 1943, S. 89–91 u. 202, hier S. 89. Für die Bedeutung des Heliums in der Luftschifffahrt siehe Martin L. Levitt, The Airship in World War II: Assessing a unique Element in Naval Air Power, in: Air Power History 39:3, 1992, S. 10–20, hier S. 19 f.; Michael C. Hiam, Dirigible Dreams. The Age of the Airship, Lebanon, NH 2014, S. 113–144.

mit unterschiedlichen technischen Verfahren aus den lokalen Erdgasvorkommen Helium extrahierten.[32] Mitte der 1920er Jahre erteilte die amerikanische Bergbaubehörde dem Unternehmen Linde Air Products den Auftrag, im Cliffside Field bei Amarillo in Texas die erste großdimensionierte Gewinnungsfabrik zu errichten. Sie nahm 1928 ihren Betrieb auf und produzierte das Edelgas in industriellen Maßstäben nach einem kryogenen Verfahren der Gastrennung.[33]

In der Anlage bei Amarillo machte sich das Unternehmen den von Carl von Linde 1895 entwickelten Prozess der Gasverflüssigung zunutze.[34] Linde Air Products hatte ein Separationsverfahren entwickelt, das die Hauptbestandteile im Erdgas durch Destillation trennen und reine Gase erzeugen sollte. Dafür wurde das Erdgas – nach vorgeschalteten Reinigungsprozessen – weit unter die tiefen Temperaturen heruntergekühlt, sodass sich die im Erdgas enthaltenen Gase nacheinander verflüssigten: bei -162 °C Methan und bei -200 °C Stickstoff, bis nur noch Heliumgas zurückblieb, das nämlich erst bei -270 °C kondensierte. Das auf diese Weise gewonnene »crude Helium« wurde abgezogen und gereinigt, d. h. über einen Kohlefilter geleitet, der Reste von Stickstoff, Wasser und andere Verunreinigungen aus dem heliumhaltigen Gasgemisch herauslöste; anschließend wurde das gereinigte Heliumgas für den Versand vorbereitet, d. h. komprimiert und in Metallzylinder abgefüllt. Das Erdgas verkaufte das Gasunternehmen an lokale Energieerzeuger als qualitativ hochwertigen Brennstoff.[35]

Die Linde Air Products war die 1907 gegründete Tochterunternehmung der deutschen Linde-Gesellschaft, die allerdings nach dem Eintritt der USA in den Ersten Weltkrieg ihre Firmen- und Patentrechte an ihrem amerikanischen Ableger verlor. Linde Air Products emanzipierte sich zunehmend vom deutschen Mutterkonzern.[36] Das Unternehmen brachte das technisch-wissenschaftliche Know-how ein, großbetriebliche Produktionsanlagen für Heliumgas zu errichten. Die Förderung und die Logistik waren anfänglich

---

32 Vgl. Helmut Braun, Das »Wundergas« Helium, die US-amerikanische Innenpolitik und die deutschen Zeppeline, in: Vierteljahrshefte für Zeitgeschichte 53:4, 2005, S. 571–600, hier S. 573.

33 Vgl. Clifford W. Seibel, Production of Helium at Amarillo (Texas), in: Industrial and Engineering Chemistry 30, 1938, S. 848–852, hier S. 849 f.

34 Vgl. Almqvist, History of Industrial Gases, S. 404 f.; Banken/Stokes, Aus der Luft gewonnen, S. 42–49.

35 Vgl. Seibel, Production of Helium, S. 850 f.

36 Vgl. Butrica/Douglas, Out of Thin Air, S. 237–241; Hans-Liudger Dienel, Die Linde AG. Geschichte eines Technologiekonzerns 1879–2004, München 2004, S. 110 u. 134–137.

allerdings derart kostspielig, dass die amerikanische Heliumbranche noch lange von staatlichen Subventionen abhängig war. Staatlich-militärische Einrichtungen waren auch nahezu die alleinigen Abnehmer des produzierten Heliums; das BoM verwaltete die Rohstoffquellen im Sinne der nationalen Interessen. Ein Beispiel dafür ist die größte Förderanlage Exell, die das BoM zur Steigerung der Produktionskapazitäten während des Zweiten Weltkrieges in Texas errichtete und die als eine von wenigen Förderstätten nach Kriegsende, als der Heliumbedarf zurückging, weiterbetrieben wurde. Noch zu Anfang der 1990er Jahre waren etwa 98 Prozent des in Exell geförderten Heliums für Regierungszwecke vorgesehen.[37]

In Kooperation mit der US-Navy und dem U.S. National Research Council richtete das BoM in der Zwischenkriegszeit eine Abteilung für Heliumforschung ein, in der eine Expertengruppe um die Chefchemiker Richard B. Moore und Clifford W. Seibel – »Mr. Helium« – die Eigenschaften des flüchtigen Edelgases genauer untersuchte. Dabei kamen vielversprechende neue Einsatzpotenziale zum Vorschein.[38] Jenseits seiner Bedeutung in der militärischen und später zivilen Luftschifffahrt kam Helium als Traggas in der Wetterforschung zum Einsatz, um Ballone mit Sonden und Messgeräten in die atmosphärischen Luftschichten zu befördern.[39] Da Helium schnell diffundiert und die Sauerstoffrespiration erleichtert, wurde es bald auch für die Zubereitung von Atemgasmischungen zur Behandlung von Krankheiten wie Asthma und Diphtherie verwendet.[40] Im Januar 1924 stellte Professor Joel H. Hildebrand, Chemiker an der Universität von Kalifornien, Vertretern der Bergbaubehörde eine Theorie vor, nach der das Tieftauchen mit einem Helium-Sauerstoff-Gasgemisch die Symptome der »Taucherkrankheit« abmildern könnte.[41] Tief-

---

37 Vgl. H. Allen Anderson, Exell Helium Plant, in: Texas State Historical Association (Hrsg.), Handbook of Texas Online, 1.1.1995, updated 21.9.2019, https://www.tshaonline.org/handbook/entries/exell-helium-plant [20.1.2023].

38 Vgl. Clifford W. Seibel, The Contributions of the U.S. Bureau of Mines to Helium Production, in: Transactions of the American Society of Mechanical Engineers 59, 1937, S. 55–59.

39 Vgl. Sherburne Rogers, Helium. The New Balloon Gas, in: National Geographic Magazine 36, 1919, S. 441–456.

40 Vgl. Anonymus, Die Verwendung von Helium bei der Narkose, in: Journal of the American Medical Association 110, 1938, S. 121–124; John L. Phillips, The Bends. Compressed Air in the History of Science, Diving, and Engineering, New Haven, CT 1998, S. 184 f.

41 Levitt, Development and Politicization of the American Helium Industry, S. 339.

tauchgängen und längeren Unterwasserarbeiten waren bis in die 1920er Jahre hinein enge Grenzen gesetzt, da bei Tauchern und Caissonarbeitern Stickstoffvergiftungen auftraten, die beim zu schnellen Auftauchen Übelkeiten und Krämpfe zur Folge hatten. Bei Schiffsbergungen in den 1930er Jahren wurde der Pressluft erstmals Helium beigemischt, woraufhin die Navy-Taucher die tiefen und langen Tauchgänge unbeschadet überstanden.[42]

In der Schweißtechnik war Helium ab der Zwischenkriegszeit als Schutzgas gefragt, da es nicht reagierte und somit leicht oxidierbare Metalle wie das im Flugzeugbau stark nachgefragte Aluminium beim Schweißvorgang vor Korrosion schützte.[43] Das dissipationsfreudige Helium fand ebenso als Prüfgas Verwendung, um in Rohren, Leitungen und Behältern Lecks und undichte Stellen aufzuspüren.[44] Mit der Atom- und Raketentechnik kamen in der zweiten Jahrhunderthälfte neue Anwendungsfelder hinzu.[45] In seiner Rede zur Einweihung einer neuen Heliumförderanlage am 24. September 1963 zeigte sich Charles Zimmerman, der neue Direktor des Aeronautical Research Office der NASA, noch verwundert über die vielseitigen Verwendungen des Edelgases im NASA-Raumfahrtprogramm: »I wondered too since my area of responsibility had not aquainted me with the important part that Helium plays in our Space Program.«[46] Im Laufe der 1960er Jahre war die NASA zum größten Abnehmer für Helium aufgestiegen. Mit dem Gas ließen sich in Testversuchen die Umweltbedingungen im Weltall simulieren. Vor allem aber war das Inertgas erforderlich, um die hochexplosiven Treibstoffe in die Raketendüsen zu pressen und die Antriebsbereiche der Flugkörper unter Druck zu halten. Auch in der Tieftemperaturphysik war Flüssighelium bald ein nicht mehr zu ersetzendes Mittel. Es kühlte Metalle Nahe des ›absoluten Nullpunkts‹,

---

42 Vgl. Gustav Gärtner, Helium für Taucher, in: Die Umschau 30, 1926, S. 50–53; Hans von Hafferberg, Taucher in Not. Ursachen der Unterseekrankheit. Versuche mit Helium usw., in: Westermann's Monatshefte 83, 1939, S. 297–301.

43 Vgl. Vladimir Pavlecka, Helium-Shielded Arc Welding, in: Iron Age 12, 1942, S. 74–76.

44 Vgl. Robert R. Bottoms, The Production and Uses of Helium Gas, in: Aeronautical Engineering 51, 1929, S. 107–117; Andreas Penk, Das Helium in Wissenschaft und Praxis, in: Beilage der kölnischen Volkszeitung vom 16.5.1937, S. 8 f.

45 Vgl. Harold W. Lipper, Helium, in: Bureau of Mines Yearbook, 1961, S. 487–492, hier S. 489; Gordon W. Koelling, Helium, in: Bureau of Mines Yearbook, 1971, S. 577–583, hier S. 579.

46 Charles H. Zimmerman, Dedication of Helium Extraction Plant, 24.9.1963, Historical Reference Collection, NASA HQ, Washington DC, Nr. E000043423.

sodass diese supraleitend wurden, was den Stromverbrauch reduzierte.[47] In der Medizintechnik machte man sich diese Eigenschaft des tiefkühlenden Flüssigheliums zunutze, um die Magnetspulen in Kernspintomografen auf eisige Temperaturen zu bringen.[48]

Die Stoffgeschichte des Heliums ist bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein eine Geschichte ungleicher Ressourcenverteilungen. Zwar sind Heliumvorkommen vorhanden, da radioaktive Zerfallsprozesse im Erdgestein kontinuierlich Heliumatome freisetzen. Dennoch liegt Helium in der Erdkruste und in der Umgebungsluft nur als Spurenstoff in geringen Konzentrationen vor, da das flüchtige Edelgas schnell in höhere Atmosphärenschichten und letztlich ins Weltall aufsteigt. Technisch war eine Heliumsynthese aus der Luft oder aus Erdgestein schon zu Anfang des 20. Jahrhunderts möglich; allerdings produzierten diese Verfahren nur kleinste Mengen, weshalb sie als unwirtschaftlich galten.[49] Akkumulieren konnte sich Heliumgas aber über erdgeschichtlich lange Zeiträume in gasdicht abgeschlossenen Hohlräumen in der Erdkruste. Deshalb wurde Helium als Bodenressource aus heliumreichen Erdgasvorkommen extrahiert, die allerdings geografisch höchst ungleich verteilt vorlagen. Auch in Europa hielten Geologen, Mineralogen und Chemiker frühzeitig Ausschau nach Gasquellen mit hohem Heliumgehalt. In europäischen Kohlerevieren wie dem französischen Anzin konnten Grubengase mit bis zu 0,5 Prozent Helium ermittelt werden.[50] Das war aber noch immer weit von verbrauchstechnisch relevanten Konzentrationen entfernt, die über weite Strecken des 20. Jahrhunderts allein in den Erdgasfeldern im Mittleren

47 Zur Geschichte der Supraleitung siehe Christian Joas/Georges Waysand, Superconductivity – A Challenge to Modern Physics, in: Kostas Gavroglu (Hrsg.), History of Artificial Cold, Scientific, Technological and Cultural Issues, Dordrecht 2014, S. 83–92.

48 Vgl. Roscoe A. Cattell, Helium – The Wonder Gas, in: The Scientific Monthly 69:4, 1949, S. 222–228.

49 Vgl. Christoph Haberstroh, Flüssigheliumversorgung, unv. Manuskript, Dresden 2010, S. 7–9.

50 Vgl. Richard B. Moore, Erdgas als eine Quelle für Helium, in: Allgemeine oesterreichische Chemiker- und Techniker-Zeitung 30, 1922, S. 121–122; Karl Stockfisch, Über das Vorkommen von Erdgasen in Deutschland und ihren Gehalt an Helium, in: Die Metallbörse 18, 1928, S. 2133–2134 u. 2190–2191, hier S. 2133.

Westen der USA zu finden waren, wo der Heliumgehalt zwei bis drei Prozent betrug.[51]

Anhand der jährlichen Rohstoffberichte des BoM lassen sich die Fördermengen, Rohstoffprognosen und Absatzmärkte für Helium in den USA zwischen den 1930er und 1990er Jahren nachvollziehen. Laut diesen Angaben stammten noch im Jahr 1964 schätzungsweise rund 95 Prozent der weltweit produzierten Heliummengen aus einem Umkreis, der sich nicht weiter als 400 Quadratkilometer um das texanische Amarillo zog.[52] Zeitgenoss:innen sprachen deshalb auch immer wieder von einem »all american product« und unterstrichen das Weltmonopol der USA für diese flüchtige Bodenressource.[53] Allerdings ist der Aussagewert dieser amtlichen Statistiken beschränkt. Die aufgeführten Fördermengen sind auch als ein Ausdruck der Selbstdarstellung der amerikanischen Bergbaubehörde einzuordnen, die sich um den Nachweis einer vollumfänglichen Kontrolle der Heliumförderung bemühte. So übergingen die Jahresberichte Produktionsstätten, die seit den 1960er Jahren im kanadischen Saskatchewan und im polnischen Odolanów – später auch in Algerien, Katar und Russland – eröffnet wurden und in denen Helium extrahiert wurde.[54] Tatsächlich fehlen belastbare Statistiken, anhand derer sich die Fördermengen des Edelgases außerhalb der USA präzise beziffern ließen.

Die vielseitigen Verwendungszwecke waren ab der Zwischenkriegszeit auch in anderen Ländern und Regionen bekannt, jedoch spielte das Gas außerhalb der Vereinigten Staaten in Wissenschaft und Technik erst deutlich später eine wichtige Rolle. In der weiten Entfernung zu den heliumreichen Erdgasfeldern Nordamerikas blieb der Einsatz der flüchtigen Substanz von einem

51 Vgl. Walter Kauenhowen, Heliumgewinnung in den Vereinigten Staaten und ihre Aussichten in Deutschland, in: Kali. Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung u. Verwertung d. Kalisalze 26, 1932, S. 106–110 u. 121–123, hier S. 106–108; Alfred Mayer-Gürr, Erdgase, Stickstoff und »fossiles Helium«, in: Öl und Kohle 39, 1938, S. 797–799, hier S. 797.

52 Vgl. Edwin M. Thomasson, Helium, in: Bureau of Mines Yearbook, 1964, S. 505 f.; Diana J. Kleiner, Helium Production, in: Texas State Historical Association (Hrsg.), Handbook of Texas Online, 1976, updated 1.2.1995, https://www.tshaonline.org/handbook/online/articles/doh02 [25.4.2023].

53 Arthur A. Stuart, Liquefied Helium Boils on Ice and »Freezes« Tin, in: Popular Science, Febr. 1929, S. 27–28 u. 130–131, hier S. 27; Anonymus, Helium for Peace, in: Industrial and Engineering Chemistry 22, 1930, S. 1145–1146, hier S. 1145.

54 Vgl. Anonymus, Canadian Helium to lose Present Markets in Europe, in: Oilweek, 1.11.1965, S. 14; Benjamin Hooker, Helium in Russia, in: William J. Nuttall/Richard Clarke/Bartek Glowacki (Hrsg.), The Future of Helium as a Natural Resource, London 2012, S. 88–100.

sparsamen Gebrauch und dem Bestreben gekennzeichnet, das seltene und teure Edelgas entweder zu substituieren oder die bereits verwendeten Mengen Heliumgas aufzufangen und wiederzuverwerten. Während amerikanische Heliumexperten in ihren Veröffentlichungen Kalküle um Marktchancen, Strategien der staatlichen Rohstoffsicherung und Visionen um technische Anwendungen für Heliumgas entwickelten, war die europäische Fachdebatte von Versorgungsängsten und Kritik an der restriktiven US-Heliumpolitik geprägt. Davon zeugt nicht zuletzt die Flut an Fachartikeln, in denen Rohstoffexperten vor einer baldigen Erschöpfung der weltweiten Heliumvorräte warnten und sich die potenziellen Abnehmer in der Schweißindustrie oder Tauchbranche über Engpässe in der Heliumzufuhr beklagten.[55] So kritisierte der Tauchpionier Herrmann Stelzner zu Anfang der 1930er Jahre, als seine amerikanischen Kollegen bereits in den Startlöchern standen, mithilfe von Heliummischgasen bis dahin unbekannte Meerestiefen zu erkunden: »Dort [in Amerika; C. Z.] ist man in der glücklichen Lage, dieses Gas […] gewinnen zu können. In Deutschland und anderen Ländern ist des enormen Preises wegen – zudem besteht in den Vereinigten Staaten Amerikas Ausfuhrverbot – an eine Verwendung des Heliums zu Tauchzwecken nicht zu denken.«[56]

Historiker:innen haben die Klagen aus Europa, wie die von Stelzner, weitgehend übernommen. Studien zur Luftfahrtgeschichte begründeten den Mangel an Heliumgas in Europa mit dem »vollkommenen, weltweiten Produktions- und Distributionsmonopol« der Vereinigten Staaten und ihren wirtschaftspolitischen Interessen.[57] Sie verwiesen auf die sogenannte Helium-Kontroverse der 1930er Jahre, als sich der Innenminister der Regierung Roosevelt, Harold Ickes, weigerte, das als kriegsrelevant eingestufte Helium an die Nationalsozialisten zu exportieren. Die US-Heliumgesetze der Jahre 1925 und 1927, die den Export des Gases einschränkten, werden als Ursache benannt, dass deutsche Zeppeliner die Hindenburg mit hochexplosivem Wasserstoff befüllten, woraufhin das Luftschiff während eines transatlanti-

55 Vgl. Anonymus, Heliumgewinnung in Amerika, in: Zeitschrift für komprimierte Gase 27, 1928, S. 41; Hans Woltereck, Die Helium-Frage, in: Waggon- und Lokomotivbau 13, 1930, S. 9.

56 Hermann Stelzner, Tauchertechnik. Handbuch für Taucher über den Bau und die Anwendung der Tauchergeräte aller Art, Lübeck 1931, S. 150.

57 Helmut Braun, Deutsche Zeppeline und die amerikanische Politik, in: Technikgeschichte 71:4, 2004, S. 261–282, hier S. 266.

schen Linienflugs am 6. Mai 1937 bei Lakehurst explodierte, was letztlich auch das Ende der zivilen Luftschifffahrt einleitete.[58]

Tatsächlich spricht nur wenig dafür, hinter den Klagen über Versorgungsengpässe eine effektive Verknappung der wirtschaftlich nutzbaren Heliumvorkommen zu vermuten.[59] Das Heliumembargo diente den USA in Zeiten politischer Instabilitäten als Instrument, um anderen Ländern den Zugang zu diesem für die Kriegswirtschaft strategischen Rohstoff möglichst zu verwehren. Im Laufe des 20. Jahrhunderts baute die amerikanische Bergbaubehörde eine weitläufige Speicherinfrastruktur auf, in der sie Helium zurückhielt, das für Abnehmer im Ausland nicht zur Verfügung stand. Werden diese Quellen zum Aufbau einer nationalen Heliumlogistik in die Analyse einbezogen, kommen neben den wirtschaftspolitischen Motiven weitere Gründe zum Vorschein, die den praktischen Umgang mit dem Edelgas zwischen den 1920er und 1960er Jahren limitierten. Zwar waren ab der Zwischenkriegszeit die technischen Grundlagen für eine Heliumförderung im großen Stil gelegt, es fehlte aber an Möglichkeiten, große Mengen Heliumgas über weite Wege zuverlässig und effizient zu befördern – oder wie es der Logistikexperte für Eisenbahntransporte Raymond C. Pierce 1933 formulierte: »When helium was produced in quantities, the problem of transportation became acute.«[60] Die vielfältigen Formen der Stoffbewegungen stellten hohe Ansprüche an die Verteilung der flüchtigen Substanz und brachten Ingenieure und Logistikexperten immer wieder an die Grenzen ihrer technischen Handlungsspielräume.

---

58 Vgl. Günther Moltmann, Die Luftschiff Hindenburg-Katastrophe und das Heliumproblem. Ein Kapitel deutsch-amerikanischer Beziehungen vor dem 2. Weltkrieg, in: Wehrwissenschaftliche Rundschau 11, 1961, S. 617–637; Michael D. Reagan, The Helium Controversy, in: Harold Stein (Hrsg.), American Civil-Military Decisions. A Book of Case Studies, Birmingham 1963, S. 45–57; Manfred Bauer/John Duggan, LZ 130 »Graf Zeppelin« und das Ende der Verkehrsluftschiffahrt, Friedrichshafen 1994, S. 79–81; Levitt, Development and Politicization, S. 340.

59 Vgl. Andrea Westermann, Inventuren der Erde. Vorratsschätzungen für mineralische Rohstoffe und die Etablierung der Ressourcenökonomie, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 37:1, 2014, S. 20–40, hier S. 35.

60 Raymond C. Pierce, Development of Special Rail Equipment, in: Railway Age 94, 1933, S. 66–70, hier S. 66.

Flüchtiges Speichern und die staatlich-militärische Infrastruktur: Die oberirdische Transportlogistik und das unterirdische Speichernetzwerk

Als der schottische Chemiker Ramsay seinem amerikanischen Kollegen Moore 1915 in einem Brief von dem Nachweis des Heliums im Erdgestein berichtete, formulierte er den Gedanken, die Auftriebskraft des leichten Gases in der Luftschifffahrt zu nutzen.[61] Zu diesem Zeitpunkt war Wasserstoff als Traggas in den Luftschiffen der US-Navy schon seit Langem im Einsatz. Gemeinsam mit der US-Regierung hatte das Militär am Ende des 19. Jahrhundert eine Speicher- und Transportinfrastruktur aufgebaut, die die Luftschiffhäfen mit Wasserstoff versorgte. Diese staatlich-militärische Infrastruktur umfasste das Schienennetz sowie Gas-Reinigungsanlagen, Kompressoren, Gasometer, Hochdruckcontainer und vor allem Stahlzylinder, in die das Gas für den Transport abgefüllt wurde. Die anfängliche Heliumlogistik baute auf diesem etablierten technischen Netzwerk auf. Als die US-Navy 1923 eines ihrer ersten Großluftschiffe, die USS Shenandoah, mit Helium befüllte, zeigte sich allerdings, dass diese Strukturen der Wasserstoffinfrastruktur für die Verteilung großer Mengen Helium nicht praktikabel waren.[62] Für die Befüllung der USS Shenandoah mit 2,2 Millionen Kubikfuß Helium waren 13.000 einzelne Stahlzylinder erforderlich, die die US-Navy in mehreren Sonderzügen von den Gewinnungsanlagen in Texas und Kansas zur Luftschiffbasis Lakehurst an der Ostküste transportierte.[63] Der logistische Aufwand der Heliumbeförderung brachte das staatlich-militärische Infrastruktursystem an seine Kapazitäts- und Belastungsgrenzen.[64]

Wasserstoff konnte schon um 1900 in mobilen Produktionsanlagen hergestellt werden, die das Leichter-als-Luft-Gas mittels elektrolytischer Verfahren in unmittelbarer Nähe zu den Abnehmern synthetisierten.[65] Die Heliumge-

61 Vgl. Moore, Erdgas als eine Quelle für Helium, S. 121 f.

62 Vgl. Garland Fulton, Helium through W.W.`s I and II, in: Naval Engineers Journal 77, 1965, S. 733–738, hier S. 735.

63 Vgl. Stuart, Liquefied Helium Boils on Ice, S. 131.

64 Die Menge des bis dahin insgesamt in den USA geförderten Heliums reichte gerade für die Füllung dieses Luftschiffes aus, wobei die Gewinnungskosten für 1.000 Kubikfuß noch bei etwa 120 US-Dollar lagen. Vgl. Levitt, Development and Politicization, S. 338.

65 Vgl. Heymann, Wasserstoff als Energieträger, S. 38; Vaclav Smil, Transforming the Twentieth Century. Technical Innovations and their Consequences, Oxford/New York 2006, S. 113.

winnung war dagegen räumlich gebunden und geografisch höchst ungleich verteilt. Um die weiten Distanzen zwischen den heliumreichen Erdgasfeldern im Mittleren Westen und den Zentren des Gasverbrauchs zu überbrücken, waren die herkömmlichen Stahlzylinder allerdings nicht sehr geeignet. Im Verhältnis zum Flascheninhalt besaßen die Stahlzylinder ein hohes Eigengewicht, was die Transportkosten mit zunehmender Wegstrecke deutlich erhöhte. Auch war das Masse-Volumen-Verhältnis in diesen Druckgasbehältern im Falle des Heliums ungünstiger als beim Wasserstoff: Das Edelgas wiegt nicht nur mehr, Helium hat im Vergleich zu Wasserstoff auch eine geringere Auftriebskraft; d. h. für dieselbe Luftschifffüllung musste mehr Gas und damit auch eine höhere Anzahl an Stahlzylindern mobilisiert und disloziert werden.[66] Anfällige »reverse salients« dieser Logistikkette waren auch die Ventile der Stahlflaschen, da bei der Umfüllung oder Entleerung der Behältnisse viel Heliumgas in Richtung Atmosphäre entwich.[67] Als Garland Fulton in den 1960er Jahren auf seine Karriere als Luftschiffkapitän bei der US-Navy zurückblickte, verwies er auf den hohen logistischen Aufwand, der mit der Verteilung von Heliumgas verbunden war: »Never before had the gas industry been called on to transport such large quantities of a specialized gas over long distances and to arrange to repurify it and to store it for relatively long periods.«[68]

Nach dem Ersten Weltkrieg richtete der Chefchemiker Moore am BoM eine neue Forschungsabteilung ein. Im Cryogenic Research Laboratory, das keine andere als Marie Curie während eines Gastaufenthalts in Washington DC 1921 eingeweiht hatte, befassten sich Physiker:innen, Chemiker:innen, Geolog:innen und Materialwissenschaftler:innen mit den chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften des Heliums. Sie untersuchten in aufwendigen Testversuchen, wie der Stoff bei Druck- und Temperaturveränderungen mit verschiedenen Materialien wechselwirkte und experimentierten mit Formen und Funktionen von Behältern, Rohren und Ventilen, die die flüchtige Substanz unter Kontrolle halten konnten.[69]

66 Vgl. Ackermann, America has a Corner on Balloon Juice, S. 90; William S. Andrews, Helium: The substitute for hydrogen in balloons and dirigibles, in: General Electric Review 23, 1920, S. 227–228.

67 Vgl. Anonymus, Helium Plant Makes Initial Shipment, in: Industrial and Engineering Chemistry 21, 1929, S. 524.

68 Fulton, Helium through W.W.'s I and II, S. 735.

69 Vgl. Henry P. Wheeler, Helium. A Chapter from Mineral Facts and Problems, Washington, DC 1955, S. 101 f.

Verschiedene Berichte zeugen von den ingenieurtechnischen Herausforderungen, die die Aktivitäten der Forschergruppe in den 1920er Jahren erschwerten. Ein Ziel der Wissenschaftler:innen war es, das Heliumgas weiter zu komprimieren, das Gasvolumen also pro Fläche zu reduzieren, um die Speicherkapazitäten zu vergrößern. Der Transport großer Mengen Hochdruckgase über weite Strecken war aber mit einem Sicherheitsrisiko verbunden. So zeigten Testfahrten, dass die Druckbehälter zerbarsten, die Schweißnähte rissen und die Sicherheitsventile platzten, wenn das Gas bei äußeren Hitzeeinwirkungen beträchtliche Kräfte entfaltete.[70] Anfällige Schnittstellen waren vor allem die Aufhängungen, die die Gasbehälter an den Fahrzeugen befestigten. Diese waren enormen Spannungen ausgesetzt, wenn das komprimierte Heliumgas expandierte.[71] Die Eigenaktivitäten des Gases stellten hohe Anforderungen an die Auswahl der Werkstoffe und an die Konstruktion der Speicher- und Transportvorrichtungen, da komprimiertes Helium »Rohrleitungen, Behältern und Maschinen das Äußerste abverlangte«.[72] Die Effekte dieser nicht intentionalen Stoffdynamiken waren für die Wissenschaftler:innen allerdings weder in sämtlichen Konsequenzen planbar noch vollständig zu überblicken.

Im Rückgriff auf die Ergebnisse der Voruntersuchungen und Belastungstests am Cryogenic Research Laboratory entwickelte die US-Navy in Kooperation mit der Bethlehem Steel Company in den 1920er Jahren zwei heliumspezifische Eisenbahnwaggons, um die Speicher- und Transportlogistik von Helium zu rationalisieren. Die »railroad purification cars« waren mobile Rückgewinnungs- und Reinigungsanlagen für Helium, die aus den Gaszellen der Luftschiffe das verunreinigte, d. h. mit Umgebungsluft kontaminierte, Heliumgas abpumpten, für zukünftige Anwendungen aufbereiteten und speicherten.[73] Der praktische Umgang mit diesen Spezialwaggons wurde anfänglich allerdings dadurch erschwert, dass die Rückgewinnungsanlagen mit den

70 Vgl. Anonymus, Train Wreck Test for Steel Sphere to Carry Helium, in: Iron Age 124, 1929, S. 840.

71 Vgl. Pierce, Development of Special Rail Equipment, S. 67.

72 Anonymus, Prüfung eines Helium-Hochdruckbehälters, in: Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase 29, 1931/32, S. 86.

73 Anonymus, Railroad Helium Repurification Plant, in: Aviation and Aeronautical Engineering 8, 1920, S. 17; Helmut Hausen, Heliumreinigungsanlage der Zeppelin-Reederei in Frankfurt a. M., in: Die Chemische Fabrik 11, 1938, S. 239–245.

Ölschmierungen der Kompressoren das Heliumgas weiter verunreinigten.[74] Die »Helium tank cars« sollten hingegen den Eisenbahntransport effizienter gestalten. Dafür waren Kesselwaggons mit drei oder mehreren langgezogenen Stahlzylindern bestückt. Die großen Druckgasbehälter reduzierten das Eigengewicht im Verhältnis zum Transportgut, das in komprimierterer Form gespeichert werden konnte. In Anpassung an die stofflichen Eigenschaften des Heliums wiesen die Vorrichtungen weitere technische Besonderheiten auf, die einer der beteiligten Konstrukteure mit folgenden Worten beschrieb: »It is so vitally important, because of the character of the commodities to be shipped in these cars, that the tank shall be absolutely tight, that riveted tanks, or tanks with seams welded, will not be permitted.«[75] Die Stahlrohre waren dickwandig und aus einem Metallblock gegossen, um Schweißnähte, Nieten und Muffen zu vermeiden, aus denen das Heliumgas innerhalb kürzester Zeit entweichen konnte.[76] Daraufhin wurden die Spezialwaggons verschiedenen Belastungs- bzw. Aufpralltests unterzogen, die die Stabilität der Speichervorrichtungen bei Extrembelastungen bewiesen.[77]

Diese Spezialwaggons avancierten zusehends zum Rückgrat einer neuen staatlich-militärischen Infrastruktur der Heliumdistribution. 80 Prozent des im Mittleren Westen geförderten Heliums wurden über den Eisenbahnverkehr der North Texas and Santa Fe Line abgewickelt. Das BoM verfügte im Jahr 1966 über 233 »Helium tank cars«, die das Helium zu den staatlichen und militärischen Einrichtungen an der Ost- und Westküste beförderten. Die verbleibenden 20 Prozent lieferten Sattelschlepper mit Spezialcontainern über das wachsende Straßennetz aus (s. Abb. 1).[78] Die »tank cars« minimierten

74 Vgl. William M. Deaton/Paul V. Mullins, Helium Resources, Production, and Conservation, in: U.S. Department of Commerce (Hrsg.), Technology of Liquid Helium, Washington, DC 1968, S. 1–33, hier S. 26.

75 Anonymus, A.R.A. Committee Report on New-Type Tank Cars Designated for the Transportation of Helium Gas, in: Railway Review 74, 1924, S. 1175–1177, hier S. 1175; Anonymus, Cars for Helium Gas, in: Iron Age 117, 1926, S. 784.

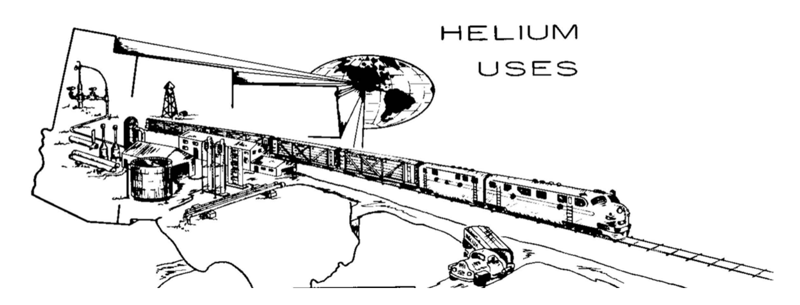
76 Vgl. Andrew Stewart, About Helium, Information Circular, I.C. 6745, United States Bureau of Mines, September 1933, S. 35. Die »helium tank cars« speicherten das Helium in komprimierter Form bei bis zu 170 bar, während die handelsüblichen Stahlflaschen maximal 124 bar zuließen.

77 Vgl. Anonymus, Spherical Containers for Transporting Gas under high pressure. Transportation of Helium under 2,000-lb, in: Mechanical Engineering 51, 1929, S. 941–943.

78 Vgl. Hugh S. Pylant, Helium its Status today and its Promise for Tomorrow, in: The Oil and Gas Journal 60, 1962, S. 98–106, hier S. 105; Deaton/Mullins, Helium Resources, S. 26–28; Anderson, Exell helium Plant.

nicht nur den Gasaustritt beim Befüllen und Entleeren durch die Ventile und ersparten Zeit und Arbeitseinsatz, sie verringerten auch die Frachtkosten. Als wenige Jahre nach der USS Shenandoah mit der Los Angeles ein Luftschiff ähnlicher Größenordnung befüllt wurde, organisierte das BoM den Transport der knapp zwei Millionen Kubikfuß Helium nicht mehr in 13.000 Stahlzylindern, sondern in einem einzigen Sonderzug mit 24 Spezialwaggons, die die herkömmlichen Stahlzylinder ersetzten.[79]

Abb. 1: In den Jahresberichten der 1960er Jahre unterstrich das BoM die tragende Rolle der Verkehrsinfrastruktur für die Verteilung der Bodenressource Helium. Eisenbahnen mit »helium tank cars« und Sattelschlepper mit Spezialcontainern beförderten komprimiertes Heliumgas von der Produktionsstätte bei Amarillo in Texas über das Schienen- und Straßennetz zu den Zentren des Gasverbrauchs – entsprechend ist es hier grafisch dargestellt.



Bureau of Mines, Helium Activity, Annual Report 1960 (Ausschnitt), Texas Department of Transportation Archive, Austin.

Heliumspezifische Fahrzeuge konnten zwar die Transportabläufe effizienter gestalten und auch verbessern, aber die Probleme bei der Gasspeicherung nicht vollständig beheben. Denn an den Erdgasfeldern bestimmte der Bedarf an fossilen Brennstoffen die Rhythmik der Heliumförderung. War die Nachfrage nach Erdgas hoch, aber der Bedarf an Helium gering, setzte die Verbrennung des Erdgases immer auch das enthaltene Helium frei, das sich in Rich-

79 Vgl. Anonymus, Helium als Ballongas, in: Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase 24, 1925, S. 8; Stuart, Liquefied Helium Boils on Ice, S. 131; Stewart, About Helium, S. 35.

tung Atmosphäre verflüchtigte und damit ungenutzt entwich. Dieses Abhängigkeitsverhältnis war von besonderer Tragweite, da die beiden Gase im Jahresverlauf unterschiedliche Verbrauchsspitzen hatten. Erdgas wurde vor allem in den kalten Wintermonaten als Heizstoff nachgefragt; die mit Helium befüllten Luftschiffe der US-Navy stiegen aber vorrangig in der wärmeren Jahreshälfte auf.[80] Vor diesem Hintergrund versuchte das BoM, große Speicherkapazitäten zu schaffen, z. B. unterirdische Kavernen, in denen die nicht benötigten Heliummengen für zukünftige Anwendungen eingelagert werden konnten.

In den 1920er Jahren begaben sich Geologen am Cryogenic Research Laboratory auf die Suche nach Möglichkeiten der Langzeitspeicherung großer Mengen Heliumgas.[81] Für die Auswahl einer geeigneten Speicherstätte war neben den Platzverhältnissen in erster Linie ausschlaggebend, dass die materielle Beschaffenheit den Eigenaktivitäten des Heliums über lange Zeiträume standhielt. Das zweitkleinste Element im Periodensystem entwich nämlich aus den kleinsten Öffnungen, weshalb poröses Gestein und unversiegelte Stollen ehemaliger Kohleminen und Salzstöcke als Untergrundspeicher für die Gaseinlagerung nicht infrage kamen.[82] Aussichtsreich waren allerdings Testversuche im texanischen Cliffside Field, in dem bereits seit den 1920er Jahren eine großtechnische Gewinnungsanlage für Helium in Betrieb war.[83] Die Gewölbeeinheit »Bush Dome« des Erdgasfeldes bestand aus einer dichten geologischen Formation, die eine weitere undurchlässige Gesteinsschicht überlagerte.[84]

Der Bau des Untergrundspeichers war in ein soziotechnisches Netzwerk eingebunden, das auch Machtstrukturen und Rechtsnormen umfasste. Mit dem ersten Heliumgesetz hatte die US-Regierung im Jahr 1925 den Aufbau

80 Vgl. Heymann, Die wechselvolle Geschichte der Erdgasverflüssigung, S. 22 f. u. 31; Joseph B. Peterson, The US federal helium reserve, in: William J. Nuttall/Richard H. Clarke/Bartek A. Glowacki (Hrsg.), The Future of Helium as a Natural Resource, London 2012, S. 48–55, hier S. 49.

81 Vgl. Henry P. Westcott, Handbook of Natural Gas, Erie 1920, S. 140–250; Wheeler, Helium, S. 101.

82 Vgl. Philip W. Holland/David E. Emerson, Helium in Ground Water and Soil Gas in the Vicinity of Bush Dome Reservoir, Cliffside Field, Potter County, Tex, Washington, DC 1979, S. 2.

83 Vgl. Seibel, Production of Helium, S. 849.

84 Anonymus, For the Future. Underground Cache for Conservation, in: Business Week, 28.4.1945, S. 98.

einer nationalen Heliumreserve festgeschrieben. Das Gesetz festigte die staatlich-militärische Kontrolle der Heliumbranche und sollte zum Zweck der »national defense« den Heliumbedarf der US-Navy, US-Army und anderer Regierungsorganisationen langfristig sichern.[85] Zu einer Umsetzung kam es allerdings erst nach dem Zweiten Weltkrieg, wofür zwei Gründe ausschlaggebend waren. In den Kriegsjahren lief die Produktion des Rohstoffs als Trag- und Atemgas auf Hochtouren, nach Kriegsende aber brachen die nationalen Absatzmärkte für Helium abrupt ein. Die Produktionsüberschüsse sollten eingelagert werden, »for later withdrawal […] to meet future needs«.[86] Gleichzeitig verdreifachte sich in den USA zwischen den 1930er und 1970er Jahren der Gasverbrauch für Heizzwecke und die Stromproduktion; mit der Förderung von immer mehr Erdgas gingen auch große Mengen Heliumgas ungenutzt verloren.[87] In den Nachkriegsjahrzehnten verknüpfte sich die Sorge vor schwindenden Heliumvorräten schließlich mit der Hoffnung, dass sich in den Bereichen der Medizin, Kryotechnik und Raumfahrt neue Anwendungsfelder für das Edelgas eröffneten. Vor diesem Hintergrund mehrten sich in den 1950er Jahren Stimmen, die einen sorgsamen Umgang mit den endlichen Heliumreserven forderten. Anfang der 1960er Jahre brachte die Regierung Eisenhower schließlich das »Helium Conservation Program« auf den Weg, mit dem Ziel, das Edelgas für zukünftige Anwendungen in der unterirdischen Lagerstätte im Cliffside Field zurückzuhalten (s. Abb. 2).[88]

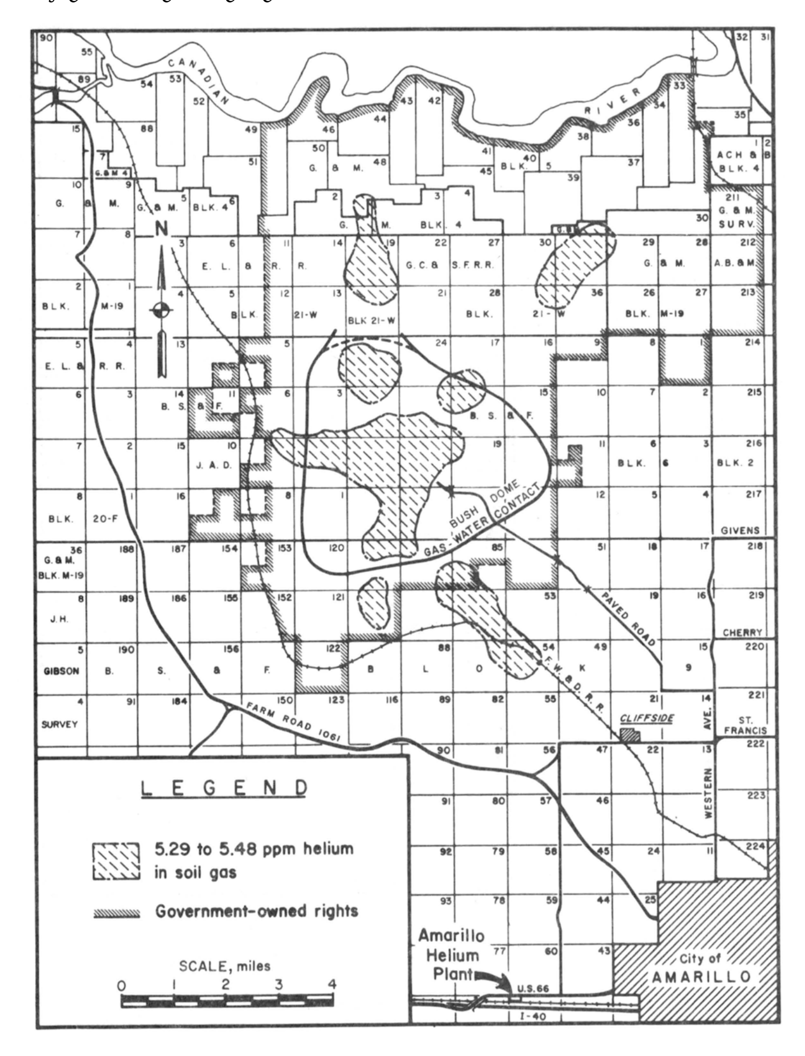
85 United States Code: Helium Gas, 3.3.1925, Sixty-Eight Congress, Sess. II, Abstract of Current U.S. Legislation, Nr. 50, §§ 161–166, S. 1698–1699, https://tile.loc.gov/storage-services/service/ll/uscode/uscode1925-00105/uscode1925-001050010/uscode1925-001050010.pdf [25.4.2023].

86 Harold W. Lipper, Helium, in: Bureau of Mines Yearbook, 1960, S. 497–502, hier S. 501.

87 Vgl. Heymann, Die wechselvolle Geschichte der Erdgasverflüssigung, S. 29.

88 Vgl. Henry P. Wheeler, Operation Foresight – Bureau of Mines Program of Helium Conservation and Research, in: Klaus D. Timmerhaus (Hrsg.), Proceedings of the 1961 Cryogenic Engineering Conference, 15.-17.8.1961, New York, NY 1962, S. 24–31, hier S. 26.

Abb. 2: Die Karte zeigt die Gaslagerstätte »Bush Dome« im Cliffside Field bei Amarillo, in dem das Bureau of Mines über die Förderrechte verfügte. Die schraffierten Flächen deuten die unterirdischen Gewölbe an, in denen das »crude helium« für zukünftige Nutzungen eingelagert wurde.



Philip W. Holland/David E. Emerson, Helium in Ground Water and Soil Gas in the Vicinity of Bush Dome Reservoir, Cliffside Field, Potter County, Tex, Washington, DC 1979, S. 12.

Der Umwidmung dieses Standorts von der Produktions-zur Speicherstätte waren umfangreiche Mess-und Umbauarbeiten vorausgegangen. Gastechniker suchten auf einer riesigen Fläche nach undichten Stellen in der Gesteinsformation, um sie mit Zement zu versiegeln. Es wurden Bohrtürme und Kompressorstationen errichtet, die das Gas unter hohem Druck in die Gesteinsformation pressten und bei erhöhter Nachfrage zurück in das angeschlossene Pipelinesystem pumpten. Verbunden waren diese Injektionsorte über ein weitverzweigtes Kontrollsystem, von dem aus an verschiedenen Stellen der Gasdruck und die Konzentration des eingelagerten Gasgemisches überwacht wurden.[89]

Mit Monika Dommann lässt sich dieser Untergrundspeicher als ein »Transitraum« bezeichnen, der dort entstand, wo sich die Wege der Heliumverteilung kreuzten.[90] Ab den 1940er Jahren baute das BoM im Umkreis des Cliffside Fields ein engmaschiges Pipelinenetz auf (s. Abb. 3). Eine Hochdruck-Heliumpipeline verknüpfte die Förderstätten mit dem unterirdischen Gasspeicher; eine weitere Spezialpipeline leitete das eingelagerte Heliumgas zu den Aufbereitungsanlagen weiter, sobald aufseiten der militärischen und staatlichen Abnehmer die Nachfrage stieg. In Anpassung an die flüchtigen Eigenschaften des Transportgutes unterschied sich das heliumspezifische Pipelinesystem von den in der Region üblichen Pipelineformaten für den Erdgastransport.[91] Die einzelnen Stahlrohre hatten Gasingenieure mithilfe neuer Hochdruck-Schweißverfahren zu einem nahtlosen Pipelinesystem verbunden. Die Pipeline war dickwandig, sodass sie dem hohen Gasdruck standhielt, mit dem die Kompressorstationen das Helium aus den tiefen Gesteinsformationen in das Verteilungssystem pumpten. Von außen waren die Rohre mit mehreren Lackschichten armiert, die auch die kleinsten Poren abdichteten. Darüber hinaus waren die Rohre über die gesamte Länge in Asbest-Filz eingewickelt, was der hohen Wärmeleitfähigkeit des Heliums isolierend entgegenwirken sollte.[92]

---

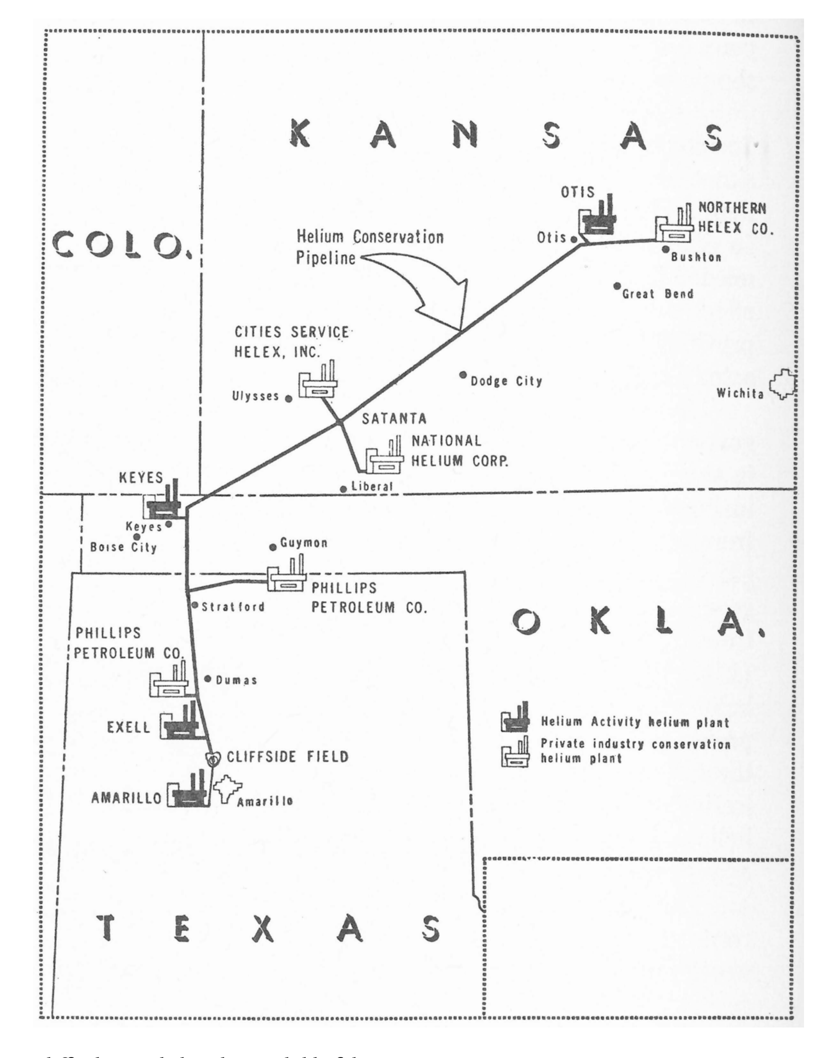
89 Vgl. Wheeler, Operation Foresight, S. 28.

90 Vgl. Dommann, Warenräume und Raumökonomie, S. 49 f.

91 Vgl. Joel Tarr, Transforming an Energy System. The Evolution of the Manufactured Gas Industry and the Transition to Natural Gas in the United States (1807–1954), in: Coutard (Hrsg.), The Governance of Large Technical Systems, S. 19–37, hier S. 26.

92 Vgl. Jack J. Reynolds, High-Pressure Pipelines Transport Valuable Helium, in: Oil and Gas Journal 45:23, 1946, S. 84–86, hier S. 84.

Abb. 3: Die Karte verdeutlicht die unsichtbare Transport- und Speicherinfrastruktur für Helium unterhalb der Staaten Texas, Oklahoma und Kansas in den 1960er Jahren. Zwischen der Stadt Amarillo und dem Cliffside Field lag der Untergrundspeicher »Bush Dome«. Die »Helium Conservation Pipeline« führte die staatlichen Förderstätten (konturiert) mit den privatwirtschaftlich betriebenen Aufbereitungsanlagen (schwarz) zusammen, in denen das »crude helium« gereinigt und für den Weitertransport über Schiene und Straße vorbereitet wurde.



Clifford W. Seibel, Helium. Child of the Sun, Lawrence, KS 1968, S. 120.

Der Gasspeicher im Cliffside Field entkoppelte die Verwendung des Heliums von den Förderrhythmen der Erdgasproduktion und dessen jahreszeitlichen Zyklen. Über ein halbes Jahrhundert lagerte das BoM in dieser geologischen Speicherstätte mehrere Millionen Kubikfuß »crude helium« ein. Erst der »Helium Privatization Act« des Jahres 1996 leitete den Abbau der Heliumreserve ein. Der Heliummarkt war inzwischen privatisiert worden; zudem überstiegen die gespeicherten Heliumvorräte bei Weitem die Nachfrage, sodass sich die kostenaufwendige Einlagerung und Aufbereitung des Gasgemisches mit hohem Heliumanteil nicht mehr rentierte.[93]

Resümee und Ausblick

Die Stoffgeschichte des flüchtigen Heliums ist per se eine Geschichte vielfältiger Stoffmobilitäten, in der sich der Transfer des Gases als Handelsware und seine flüchtigen Eigenaktivitäten immer wieder kreuzten. Konzepte der (historischen) Infrastrukturforschung liefern Anhaltspunkte für die stoffhistorische Untersuchung, um diese komplexen Bewegungsvorgänge in ihren Effekten auf soziotechnische Abläufe analytisch greifbar zu machen. Im Sinne der »infrastructural inversion« lassen sich die Transport- und Speicherinfrastrukturen der Gasbranche als Zugang verstehen, deren Analyse relationale Zusammenhänge zwischen technischen Systemen und ihrer soziomateriellen Umwelt offenlegt. Auf diese Weise ist zu erkennen, wie die Eigenaktivitäten des transportierten Stoffes entlang der Wertschöpfungskette mit Gesetzgebungen, institutionellen Strukturen und insbesondere den technisch-wissenschaftlichen Handlungen der Chemiker:innen, Geolog:innen und Gasingenieur:innen zusammenwirkten. Diese Verflechtungen materialisierten sich in spezifischen Konstruktionen für Eisenbahnwaggons, Untergrundspeicher und Pipelinesysteme, deren Aufgabe es war, die flüchtige Substanz in Bewegung und gleichzeitig unter Kontrolle zu halten. Die Infrastruktur selbst wurde dabei durch ein jahrzehntelanges Wechselspiel zwischen Wissensbeständen aus der Politik und Wissenschaft geformt, die mit Stoffen und materiellen Baukomponenten verzahnt wurden.

Die Anforderungen an die Konstruktion und materielle Beschaffenheit dieser Speicher- und Transportvorrichtungen waren zu einem Großteil stoffspezifisch und standen gleichzeitig mit zahlreichen weiteren Stoffen in

93 Vgl. Peterson, The US Federal Helium Reserve, S. 54 f.

Verbindung, die mit dem Edelgas in der Logistikkette wechselwirkten: Die Verfügbarkeit des Heliums war an die Förderrhythmik für Erdgas gekoppelt, die anfängliche Heliumdistribution sattelte auf die Wasserstoff-Logistik auf und in weiter Entfernung zu den Rohstoffvorkommen betrieben Wissenschaftler:innen enorme Anstrengungen, um das seltene und teure Edelgas in industriellen Anwendungen durch Gase mit ähnlichen Eigenschaften – etwa Argon, Neon und Wasserstoff – zu substituieren.

Auf empirischer Ebene zielte der Aufsatz darauf ab, die Geschichte eines Stoffes näher auszuleuchten, die bislang weder in stoffhistorischen noch in technik- und wirtschaftshistorischen Arbeiten zur Industriegasbranche systematisch behandelt wurde. Auf analytischer Ebene ging es darum, die Zwischenschritte zwischen Produktion und Gebrauch genauer in den Blick zu nehmen, die in unserem Denken und Reden über zirkulierende Stoffe oftmals unsichtbar bleiben, die in der Geschichte der Industriegase allerdings die unverzichtbare Vorbedingung für die Verwertung der flüchtigen Substanzen sind. Schließlich sind die Erkenntnisse des Beitrags auch auf theoretischer Ebene für die Stoffgeschichte im Allgemeinen aufschlussreich. Der Ansatz der »infrastructural inversion« gibt stoffhistorischen Forschungen eine Perspektive vor, die es ermöglicht, den historischen Beziehungen zwischen Gesellschaften und bewegten – d. h. analytisch oftmals schwer greifbaren – Stoffen nachzugehen, indem gefragt wird, wie sich stoffliche Eigenaktivitäten in Infrastrukturen eingeschrieben haben.

Der Ansatz hat aber auch Relevanz für aktuelle Diskussionen, die um die Gestaltung einer nachhaltigen Ressourcenwende kreisen. Gesellschaften neigen dazu, vor allem dann über ihre Ressourcennutzung und damit verbundene Abhängigkeiten nachzudenken, wenn die kontinuierliche Ressourcenzufuhr ins Stocken gerät oder als bedroht empfunden wird; zumeist verschwinden diese Sorgen, sobald sich die Versorgungssituation entspannt.[94] In diesem Aufsatz stand die Wertschöpfungskette einer knappen und geografisch ungleich verteilten Bodenressource im Zentrum. Damit waren Fragen des sparsamen Gebrauchs, der verlässlichen Speicherung und der effizienten Beförderung und Verwendung verbunden. In dieser Hinsicht können die gewonnenen Einsichten einerseits zum kritischen Nachdenken über Fragen der Ressourcensicherung und den Verschleiß endlicher Bodenschätze in westlichen

94 Vgl. Ole Sparenberg/Matthias Heymann, Introduction: Resource Challenges and Constructions of Scarcity in the Nineteenth and Twentieth Centuries, in: European Review of History 27:3, 2020, S. 243–252, hier S. 243.

Industrienationen anregen; andererseits liefern sie Impulse für aktuelle Diskussionen darüber, wie sich ›kritische Rohstoffe‹ einsparen und ›Stoffströme‹ nachhaltig gestalten lassen.

Wirtschaft, Stoffe und das institutionelle Setting
Zur ökonomischen »Codierung« von Kohle und Kali

Ronja Kieffer und Eva-Maria Roelevink

Stoffe sind allgegenwärtig, in ihren eindeutig bestimmbaren inneren Eigenschaften sind sie aber hochgradig vielseitig und unbeständig. Das macht sie als Gegenstand historischer Analyse komplex. Insgesamt betrachtet, offenbart die Analyse von Stoffen, in den Worten Jens Soentgens, »Neigungen« – Eigenaktivität(en) also – und anthropogene »Aneignungen«.[1] Aus einer stärker wirtschaftshistorischen Perspektive sind es die *Aneignungsformen*, die interessieren und Stoffe zur Entität im ökonomischen Handlungszusammenhang machen.

Schon im ehrwürdigen Grimm'schen Wörterbuch wurde bei der sprachlichen Bestimmung der »aneignung« zwischen »geistiger« und »materieller beziehung« unterschieden.[2] Im Verlauf des 19. Jahrhunderts nutzte sich der zunächst v. a. im sozialistischen Denken verwendete Begriff der »Aneignung« ab und wurde zunehmend mit dem juristisch formalisierten Begriff des »Eigentums« verwoben.[3] Damit ging dessen charakteristische, uns heute geläufige Einfassung einher: Eigentum wurde zunehmend auf die Freiheit des Individuums bezogen. Nur mittels des Schutzes dieser Freiheit – v. a. durch den

1 Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 22.

2 »ANEIGNUNGSFORM, f.«, in: Deutsches Wörterbuch von Jacob Grimm und Wilhelm Grimm/Neubearbeitung (A-F), digitalisierte Fassung im Wörterbuchnetz des Trier Center for Digital Humanities, Version 01/21, https://www.woerterbuchnetz.de/DWB2?lemid=A10540 [11.4.2023].

3 Dieter Schwab, Art. Eigentum, in: Geschichtliche Grundbegriffe. Historisches Lexikon zur politisch-sozialen Sprache in Deutschland, Bd. 2 (Studienausgabe), Stuttgart 1975, S. 65–115, v. a. S. 79 f. u. 104–109. Siehe zum Eigentumsbegriff auch Hannes Siegrist/David Sugarman, Geschichte als historisch-vergleichende Eigentumswissenschaft. Rechts-, kultur- und gesellschaftsgeschichtliche Perspektiven, in: dies. (Hrsg.), Eigentum im internationalen Vergleich. 18.-20. Jahrhundert, Göttingen 1999, S. 9–32.

Staat garantiert – ließen sich Eigentums- und Verfügungsrechte weitergehend mobilisieren.[4] Auf Stoffe bezogen bedeutete dies, die inneren und als verwertbar verstandenen Eigenschaften der Stoffe wurden fassbar und weitergehend wertbemessen und damit handelbar. Dazu brauchte es ein ausdifferenziertes und entwickeltes Regelgerüst, das über Institutionen stabilisiert, wandelbar und anpassungsfähig blieb und bleibt.[5] Wie etwa Katharina Pistor jüngst gezeigt hat, wird ein Gut erst durch seine rechtliche Einkleidung zu einem handelbaren Objekt.[6] Insofern sind aus wirtschaftshistorischer Sicht »Stoffe« Güter, die erst im institutionellen Regelgerüst bestimmbar und v. a. kapitalisierbar werden. Die institutionelle Codierung von Stoffen ist daher der zentrale Ankerpunkt für die Bestimmung stoffwirtschaftlicher Nutzung.

Wirtschaftliches Handeln findet also innerhalb eines institutionellen Settings statt, das die Rahmenbedingungen für *Transaktionen* als Eigentumsübergang von Gütern über separierbare Schnittstellen bzw. die vertragliche Veränderung von Verfügungsrechten jeglicher Art sichert. Institutionen fungieren dabei im Sinne von Douglass C. North als »Spielregeln einer Gesellschaft«.[7] Diese konstituieren sich aus formalen Vorschriften, die meist in schriftlicher Form als Gesetze, Verträge oder Abkommen vorliegen, und informellen, oft auf Traditionen und Wertvorstellungen beruhenden Verhaltensregeln. Dabei bildet der Schutz durch den Staat den primären institutionellen Rahmen, der gleichsam Handlungsmöglichkeiten für die Erstellung von sekundären

4 »Eigentumsrechte sind Normen, die die Verfügung über Ressourcen – Kapitalbestände im weitesten Sinne des Wortes – bestimmten Subjekten zuschreiben.« Hansjörg Siegenthaler, Regelvertrauen, Prosperität und Krisen. Die Ungleichmäßigkeit wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung als Ergebnis individuellen Handels und sozialen Lernens, Tübingen 1993, S. 29.

5 Dabei sind unter »Institutionen« mit Siegenthaler »alle[r] internalisierten Zwänge, gesellschaftlich informell abgesicherten Begrenzungen der Handlungsspielräume und die von Staates wegen erlassenen und durchgesetzten Normen des positiven Rechts« zu verstehen. Ebd., S. 26.

6 Vgl. Katharina Pistor, Der Code des Kapitals. Wie das Recht Reichtum und Ungleichheit schafft, 2. Aufl., Berlin 2021 (2020); Manfred Tietzel, Die Ökonomie der Property Rights: Ein Überblick, in: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 30:3, 1981, S. 207–243.

7 Douglass C. North, Institutionen, institutioneller Wandel und Wirtschaftsleistung, Tübingen 1992, S. 3. Siehe zur Institutionenökonomik grundlegend Oliver E. Williamson, Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Unternehmen, Märkte, Kooperationen, aus dem Amerikanischen übers. von Monika Streissler, Tübingen 1990.

Regelgerüsten privatwirtschaftlicher Akteure gewährt.[8] Im Zusammenspiel strukturieren diese formgebundenen und formlosen Handlungsbeschränkungen Transaktionen, indem sie Unsicherheit reduzieren.[9] Denn jegliche Transaktion findet unter unsicheren Bedingungen statt. Unsicherheit ist die Folge komplexer Umwelten und stellt sich für die Vertragspartner als Informationsasymmetrie dar. Die Motive des Gegenübers, die Marktfähigkeit des Gutes, das über die in Aussicht genommene Transaktion zwischen den Vertragspartnern geregelt wird, etwaige weitere und potenzielle Transaktionen (mit und gegen Konkurrenten z. B.), die Veränderung des institutionellen Settings usw. sind für die Vertragspartner nicht eindeutig zu identifizieren.

Verhandlungspartner, die eine Transaktion zu tätigen beabsichtigen, müssen sich mit den institutionellen Rahmenbedingungen befassen und die Unsicherheit möglichst in ein kalkulierbares Risiko verwandeln, um erwartungsabgesicherte Entscheidungen treffen zu können. Für die Beschaffung entsprechender Informationen, die die Unsicherheit reduzieren und zur Risikoabwägung führen sollen, fallen sogenannte Transaktionskosten an. Sie dienen als Kenngröße für das, was sich als Reibungsverlust bezeichnen lässt. Die Transaktionskosten sind umso höher, je weniger Informationen zur Verfügung stehen. Starke Institutionen senken die Transaktionskosten und verringern auf diese Weise Reibungsverluste, denn sie schaffen einen stabilen Rahmen für Transaktionen. Für wirtschaftliche Akteure bedeutet die Senkung der Transaktionskosten eine Erhöhung des Effizienzgrades.[10]

Institutionen sind dynamische und komplexe Ordnungsmuster, sie entstehen nicht unvermittelt und sie sind auch nicht starr, sie werden staatlich gesichert, in ihrer Ausgestaltung aber ausdifferenziert und durch institutionelle Organisationsstellen erweitert. Unter der Formel des institutionellen Wandels

---

8 Die Soziologie differenziert hier in Primär- und Sekundärrecht. Dazu ausf. Stefan Kühl, Brauchbare Illegalität. Vom Nutzen des Regelbruchs in Organisationen, Frankfurt am Main 2020.

9 Vgl. ebd., S. 32–42. Zur auf Frank Knight zurückgehenden und grundlegenden Unterscheidung von »Risiko« und »Unsicherheit« siehe Stefan Voigt, Institutionenökonomik, München 2002, S. 23.

10 Vgl. Voigt, Institutionenökonomik, S. 23, S. 53–77; Johannes Bähr, Unternehmensgeschichte in Deutschland. Ansätze und Perspektiven der neueren Forschung und das Verhältnis zur DDR-Geschichte, in: Hermann-Josef Rupieper/Friederike Sattler/Georg Wagner-Kyora (Hrsg.) Die mitteldeutsche Chemieindustrie und ihre Arbeiter im 20. Jahrhundert, Halle (Saale) 2005, S. 35–51, hier S. 38.

wird ein kontinuierlicher Prozess im gesamten Institutionengerüst verstanden, der sich schrittweise vollzieht und verlaufsabhängig ist. Veränderungen geschehen keineswegs unvermittelt oder wahllos, sondern auf der Grundlage früherer Entwicklungen und sich daraus ergebender Beschränkungen.[11] Insbesondere formale Institutionen werden dabei geschaffen bzw. fortwährend angepasst, »um den Interessen derjenigen zu dienen, die die Verhandlungsmacht haben, neue Regeln aufzustellen«.[12] Institutionen sind also keine Naturgesetze, sondern intentional geschaffene »Spielregeln« für Transaktionsbeziehungen von wirtschaftlichen Akteuren.

Der in wirtschaftshistorischer Perspektive entscheidende und große *institutionelle Wandel* vollzog sich zwischen dem 18. und späten 19. Jahrhundert.[13] Die Veränderungen in dieser Zeit, die sich als großflächiger Wandel der Verfügungsrechte charakterisieren lassen, waren so grundlegend, dass Anne Nieberding und Clemens Wischermann von einer »institutionellen Revolution« sprechen.[14] Während die neoklassische Theorie bei der Deutung der Wirtschaftsgeschichte im Sinne des modernen Wachstumsparadigmas die institutionellen Rahmenbedingungen weitgehend und zugunsten rationalen Handelns ausblendete, halten die Vertreter:innen der Neuen Institutionenökonomik sie für den entscheidenden Katalysator des wirtschaftlichen Wachstums seit dem 18. Jahrhundert. Die »industrielle Revolution« ist in dieser Lesart lediglich Oberflächenerscheinung institutioneller und tiefgehender Freisetzung im institutionellen Gefüge, im Besonderen der Eigentums- und Verfügungsrechte.[15] Am Ende dieser Entwicklung hatte sich eine Wirtschaftsordnung etabliert, die auf individuellen Verfügungsrechten basierte und

---

11 »Institutionen haben eine Geschichte, die sie prägt«. Anne Nieberding/Clemens Wischermann, Die institutionelle Revolution. Eine Einführung in die deutsche Wirtschaftsgeschichte des 19. und frühen 20. Jahrhunderts, Stuttgart 2004, S. 28. Vgl. North, Institutionen, S. 7–10, 105 u. 117–119.

12 North, Institutionen, S. 19, siehe auch S. 83–87.

13 Siehe dazu einführend und v. a. mit der Betonung auf eine langsame evolutorische Entwicklung, die nur inklusive der Veränderungen des 18. Jahrhunderts zu erklären ist: Richard H. Tilly/Michael Kopsidis, From Old Regime to Industrial State. A History of German Industrialization from the Eighteenth Century to World War I, Chicago/London 2020.

14 Vgl. Nieberding/Wischermann, Institutionelle Revolution.

15 Vgl. ebd., S. 15–25; Anne Nieberding/Clemens Wischermann, Unternehmensgeschichte im institutionellen Paradigma, in: Zeitschrift für Unternehmensgeschichte 43:1, 1998, S. 35–48, hier S. 39 f.

damit die Mobilität und Intensität von Kapitaltransaktionen erst ermöglichte.[16]

Der vorliegende Aufsatz versucht, die stoffhistorische Herangehensweise mit der Institutionenökonomik zu verbinden, um sie damit für eine wirtschaftshistorische Sichtweise zu öffnen. Die häufig zu Recht betonte Bedeutung von Materialität, Stoffkonstitution und Eigenstofflichkeit wird dabei zwar erkannt, zum tragenden Argument wird allerdings, dass die wirtschaftliche (und auch die kostenfreie) Nutzung von Stoffen als Wirtschaftsgut und Gütergruppe abhängig ist vom institutionellen Setting, in das »Stoffströme« und »Stoffbiographien« eingebettet sind. Damit fokussiert der Beitrag, gleichwohl die wirtschaftshistorische Theorie- und Methodenpluralität unzählige weitere Blickwinkel ermöglichen würde, insbesondere auf die »Aneignung«, weniger aber auf die »Neigungsaktivität« von Stoffen. Der Fokus auf die Aneignung macht Paradoxien sichtbar und zeigt, dass die Codierung eine selektive, aber keine umfassende ist; Güter also durchaus Stoffe sind, aber nur Teile der Stoffe kommodifiziert werden. Die institutionenökonomische Perspektive hat dabei den Vorteil, dass Institutionen nicht nur wirtschaftlich, sondern auch sozial und kulturell wirksam sind.[17] Sie erweitert damit die Stoffgeschichte und hat das Potenzial, sie anschlussfähig an wirtschaftshistorische Forschungen zu machen. Die Relevanz des institutionellen Settings für die wirtschaftliche (Aus-)Nutzung wird im Folgenden anhand bergbaulicher Stoffe punktuell skizziert.

Vom Regal zum liberalisierten Bergbau: Die Formalisierung individueller Verfügungsrechte

Über Jahrhunderte hatten in den deutschen Ländern die Landesherren das Privileg bzw. das Regal, über die Bodenschätze in ihrem Hoheitsgebiet zu verfügen. Im 19. Jahrhundert wurde das sogenannte Bergregal abgeschafft und

---

16 Vgl. Nieberding/Wischermann, Institutionelle Revolution, S. 57–65.

17 Siehe etwa Hartmut Berghoff, Vertrauen als institutionelle Schlüsselvariable. Zur Theorie des Vertrauens und der Geschichte seiner privatwirtschaftlichen Produktion, in: Karl-Peter Ellerbrock/Clemens Wischermann (Hrsg.), Die Wirtschaftsgeschichte vor der Herausforderung durch die New Institutional Economics, Dortmund 2004, S. 58–75.

sukzessive durch eine liberalisierte Gesetzgebung ersetzt, nach der im Grunde jedermann Bergwerkseigentum erwerben konnte.[18] Die Liberalisierungen im Bergbau sind dabei als Teil eines institutionellen Wandels zu verstehen, der bereits Jahrzehnte zuvor eingesetzt hatte und in einer umfassend neuen Wirtschaftsordnung mündete.[19]

Die maßgebliche Veränderung dieses am Ende der Frühen Neuzeit einsetzenden institutionellen Wandels war der Bedeutungsgewinn des Privatrechts und damit einhergehend die Formalisierung individueller Verfügungsrechte. In vormodernen Wirtschaftsordnungen hatte es keine Trennung von öffentlichem Recht und Privatrecht gegeben. Um 1800 veränderte sich das: Allmählich, auch unter dem Einfluss des französischen Rechts, kam es zu einer Individualisierung der Verfügungsrechte weg von der Gemeinschaft hin zum Verfügungsrecht einzelner Personen und Rechtspersonen. Im Rahmen der Preußischen Reformen des frühen 19. Jahrhunderts wurden mit dem Ziel, v. a. die Landwirtschaft Ostelbiens zu erneuern, Grund und Boden in individuelles, exklusives Privateigentum überführt.[20] Mit dem Edikt über den freien Gebrauch des Grundeigentums von 1807 und dem Gewerbesteueredikt von 1810 war die Gewerbefreiheit grundsätzlich verankert. Aber erst mit erheblicher Verzögerung erfasste dieser Wandel schließlich auch den (preußischen) Bergbau. Der Wandel vollzog sich seit Mitte der 1850er Jahre schrittweise durch unzählige Novellierungen.[21] Mit dem Preußischen Allgemeinen Berggesetz (PrABG) endete 1865 das landesherrliche/staatliche Privileg auf Bodenschätze. Der Staat

18 Zum Mythos des vormodernen Bergrechts siehe Jakob Vogel, Moderner Traditionalismus. Mythos und Realität des Bergwerkseigentums im preußisch-deutschen Bergrecht des 19. Jahrhunderts, in: Siegrist/Sugarman (Hrsg.), Eigentum im internationalen Vergleich, S. 185–208.

19 Vgl. Gunther Kühne, Das deutsche Bergrecht von 1865 bis zur Gegenwart, in: Klaus Tenfelde/Toni Pierenkemper (Hrsg.), Motor der Industrialisierung. Deutsche Bergbaugeschichte im 19. und frühen 20. Jahrhundert, Münster 2016, S. 495–532, hier S. 495–501; Nieberding/Wischermann, Institutionelle Revolution.

20 Vgl. Nieberding/Wischermann, Institutionelle Revolution, S. 57–65; zur Codierung von Grund und Boden vgl. auch Pistor, Code des Kapitals, S. 49–85; kritisch zur Bedeutung der preußischen Agrarreformen Tilly/Kopsidis, From Old Regime, S. 59–67.

21 Nach 1815 etwa galten allein in Preußen zwölf verschiedene Bergordnungen. Wolfram Fischer, Die Stellung der Preußischen Bergrechtsreform von 1851–1865 in der Wirtschafts- und Sozialverfassung des 19. Jahrhunderts, in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft 117:3, 1961, S. 521–534, hier S. 523. Das »Direktionsprinzip« wurde äußerst unterschiedlich gehandhabt.

zog sich aus der de facto die unternehmerische Selbstständigkeit beschneidenden Regulierungspraxis zurück und beschränkte sich fortan darauf, polizeiliche Belange zu wahren.[22] Zentral für den Bergbau in Preußen war das Miteigentümergesetz von 1851; 1860 wurde mit dem Freizügigkeitsgesetz das Direktionsprinzip schließlich abgeschafft und das Inspektionsprinzip eingeführt. Weitere Neuregelungen und Reformen, etwa zur Besteuerung, wurden erlassen. Seit 1865 schließlich galt das PrABG.[23] Dennoch, gerade im Bergbau blieb das institutionelle Setting eng auf den Staat bezogen.[24]

Die Codierung von bergbaulichen Stoffen wurde befördert, indem diese in rechtliche Module »gekleidet« und derart mit bestimmten Attributen ausgestattet wurden, die den Besitzer privilegierten. Das erste dieser rechtlichen Attribute war das *Prioritätsrecht*, das dem Eigentümer seinen Rechtsanspruch garantierte. Durch das zweite Attribut, die *Beständigkeit*, wurde dieser Anspruch dauerhaft zugesichert. So konnte der Besitz über Generationen hinweg weitergegeben werden. Die *Universalität* stellte drittens sicher, dass der zeitlich unbegrenzte Rechtsanspruch überall und gegenüber jedermann aufrechterhalten werden konnte. Und schließlich erhielten die In- und Teilhaber von bergbaulichen Gewerkschaften durch die *Konvertierbarkeit* die Garantie, ihre Kuxe kapitalisieren zu können.[25] Das PrABG ermöglichte all das für Gold, Silber, Quecksilber, Eisenerze (ausschließlich Raseneisenerze), Blei, Kupfer, Zinn, Zink, Kobald, Nickel, Arsenik, Mangan, Antimon, Schwefel, Graphit, Steinsalze (auch Kali) sowie Stein- und Braunkohle.[26]

---

22 Vgl. Kühne, Das deutsche Bergrecht, S. 495–501.

23 Ebd., S. 496.

24 Fischer, Die Stellung der Preußischen Bergrechtsreform, S. 528. Die Lex Gamp und viele weitere staatliche Eingriffe machen das deutlich.

25 Vgl. Pistor, Code des Kapitals, S. 34–36. Die Codierung von Kapital geht über die Kommodifizierung, also die Transformation eines Gutes zum Wirtschaftsobjekt, hinaus. Für das »Zur-Ware-werden« reichen laut Pistor die Attribute Priorität und Universalität aus. Zu Kapital werde ein Gut aber erst durch das Hinzufügen der anderen beiden Attribute (Beständigkeit und Konvertierbarkeit), wodurch der größtmögliche Rechtsschutz erreicht sei. Vgl. ebd., S. 29 f.

26 Kühne, Das deutsche Bergrecht, S. 496 f.

Auf dem Weg zum selbstbestimmten institutionellen Setting: Der Ruhrkohlenbergbau bis 1893

Für das Mitte des 19. Jahrhunderts noch keineswegs führende Ruhrrevier bedeutete die Veränderung der institutionellen Rahmenbedingungen zunächst die Primärverankerung eines institutionellen Settings, das sich die Bergbauunternehmer in ihrem Streben nach Selbstständigkeit, besonders nachdem es in den 1830ern gelungen war, die Mergeldecke zu durchstoßen, bereits als Handlungspraxis erarbeitet hatten. Die Förderentwicklung im Oberbergamtsbezirk Dortmund hatte schon vorher und parallel zur Durchlöcherung des Direktionsprinzips kräftig angezogen, zur Jahrhundertmitte stellten sich aber enorme Preisschwankungen ein.[27] Bis zum Erlass des Miteigentümergesetzes 1851 hatte die bergamtliche Regulierung für ein vergleichsweise kontantes Preisniveau gesorgt. Mit der de jure verfügten Veränderung des institutionellen Rahmens wurden die Transaktionen der Ruhrkohlenwirtschaft nunmehr privatwirtschaftlich ausgehandelt. Die Folgen waren zwischen 1851 und 1890 heftige Preisaufschwünge gefolgt von rapiden Preisstürzen.[28] Die bergbaulichen Transaktionen waren mit den Liberalisierungen nicht mehr nur riskant, sondern wurden unter unsicheren Bedingungen und damit in einem »zügellosen Wettbewerb« vorgenommen. Nunmehr, da die Gewerke (die vorherrschende Rechtsform war weiterhin die Gewerkschaft älteren und dann neueren Rechts)[29] selbstständig entscheiden, konsolidieren und nach eigenem Ermessen den Betriebszusammenschluss vornehmen konnten, ging es um den Ausbau und die Stärkung der eigenen Marktposition; kurz, es ging um die kohlenwirtschaftliche Vorherrschaft im Revier. Das trieb die Transaktionskosten hoch und erklärt die heftigen Preisschwankungen – denn ohne die regulierende staatliche Hand wurden die Verkaufspreise als Mittel im zügellosen Wettbewerb eingesetzt.

---

27 Zur Förderentwicklung siehe Carl-Ludwig Holtfrerich, Quantitative Wirtschaftsgeschichte des Ruhrkohlenbergbaus im 19. Jahrhundert. Eine Führungssektoranalyse, Dortmund 1973, Tab. 1, S. 16–18, Abb. 3, S. 20, u. Abb. 4, S. 21. Siehe auch Christian Böse, Kartellpolitik im Kaiserreich. Das Kohlensyndikat und die Absatzorganisation im Ruhrbergbau 1893–1919, Berlin/Boston 2018, Tab., S. 28.

28 Holtfrerich, Quantitative Wirtschaftsgeschichte des Ruhrkohlenbergbaus, S. 25.

29 Zur Gewerkschaft älteren Rechts, der Entwicklung der Kuxmärkte und auch ihrer etwaigen Vorteile durch die Zubuße in Krisenzeiten sind neuere Forschungen überfällig. Siehe den Abriss ebd., S. 42 ff., v. a. S. 47.

Die seit den 1860er Jahren entfesselte »Vergrößerungstendenz«[30] bedeutete keineswegs nur das Ende der Kleinbetriebe oder Kleinstzechen, sondern auch eine Ausdifferenzierung der Anbieterstruktur. Vom Kleinbetrieb bis zum integrierten Großkonzern ging es im harten Wettbewerb um die Vormachtstellung: Die Steigerung der Förderung senkte die »Stückkosten« und führte zu einem Überangebot und damit zu Preisunterbietungswettkämpfen. In Krisenzeiten ergab sich daraus zwar ein übergreifendes Interesse an einem gemeinsamen Vorgehen. Dieses blieb aber punktuell; im konjunkturellen Auftrieb wurden Verhandlungen und Abkommen in aller Regelmäßigkeit wieder abgebrochen und aufgekündigt.[31] Kennzeichnend war, dass die Verhandlungen und Bemühungen um ein gemeinsames Vorgehen der Wettbewerber zunächst in dem Versuch lagen, eine gemeinsame Verkaufsstrategie zu entwickeln. Die Erschließung der Märkte wurde als Lösung für den innerregionalen Produzentendruck gesehen. Diesen Abkommen fehlte jedoch die kooperative Grundlage, aber auch eine stabile Organisation, die den institutionell ausgehandelten Rahmen sicherte. Seit den 1870er und 1880er Jahren wurde der eher lose Versuch der gemeinsamen Markterschließung verlassen und stattdessen über Förderkonventionen, die die Produktion regulieren sollten, getestet, ob sich die Preisausschläge damit unter Kontrolle bringen ließen. Damit gingen dann auch die ersten Verhandlungen für die Preiskonventionen einher.

Viele Zechenbesitzer verhinderten lange ein umfassendes und für alle formalisiert geltendes Setting, das sowohl die Preis-, Produktions- als auch Absatzorganisation zentralisierte, nicht zuletzt, um sich den eigenen Spielraum im weiterhin starken und wachstumsintensiven Markt zu bewahren. Zwischen der Mitte der 1870er Jahre und 1893 wurden fast 25 Vereinigungen gebildet,[32] denen der Erfolg und die ersehnte Marktregulierung aber versagt blieben. Förderkonventionen wurden zwar geschlossen, waren aber kaum zu überwachen, auch Preisvereinbarungen hatten nur kurzfristigen Bestand, weil sich die Bewertung der eigenen Effizienz jeweils aus dem Zusammenhang von Nachfrage, Selbstkostenerwägungen und Abnehmern ergab und die Bewertung dieser Lage divergierte. Zudem gelang es nie, eine für alle Zechenbesitzer bindende Preisvereinbarung zu schließen. Kurzum, es wurde partiell und immer wieder an einer eigens von den Zechenbesitzern – und damit sekundär – gestalteten

30 Kurt Wiedenfeld, Ein Jahrhundert rheinische Montan-Industrie (Bergbau. Eisenindustrie. Metallindustrie. Maschinenbau). 1815–1915, Bonn 1916, S. 107.

31 Böse, Kartellpolitik im Kaiserreich, S. 40–43.

32 Ebd., S. 42.

Veränderung des institutionellen Rahmens gearbeitet, die sich aber zunächst nicht durchsetzen ließ, nicht zuletzt, weil es das dominante bergbauliche Unternehmen oder den Unternehmer nicht gab, der als Rahmengeber hätte fungieren können.[33]

Andere bergbauliche Akteure waren da schneller. Die Kaliwirtschaft etwa hatte bereits 1883 eine gemeinsame Verkaufsstelle eingerichtet,[34] allerdings fungierte hier der zu der Zeit starke preußische Staat sowohl als Kaliunternehmer wie auch als Garant und Hüter der dieserart festgelegten institutionellen Ordnung. Den gab es im Kohlenbergbau an der Ruhr nicht, jedenfalls nicht als dominanten Zechenbesitzer. Allerdings bedeutete die Konzentration im Ruhrbergbau seit den 1880er Jahren ein steigendes Interesse an stabilen Bedingungen, die – so setzte es sich bei den Wettbewerbern immer mehr durch – mittels eines gemeinsam und vertraglich vereinbarten Reglements gewährleistet werden sollten, um den konzentrierenden und expandierenden großen Playern auf Sicht eine Risikoabsicherung zu verschaffen. Besonders taten sich in dieser Phase die Gelsenkirchener-Bergwerks-AG (GBAG) mit Emil Kirdorf und die Hibernia und Shamrock Bergwerksgesellschaft unter Thomas Mulvany hervor. Kirdorf war als »Manager« des Eigentümers der GBAG, der Disconto-Gesellschaft, in der Lage, die Konzentration der 1880er Jahre aktiv und im eigenen Interesse mitzugestalten.[35] Kirdorf wurde zudem ein besonderer Treiber der Syndizierung des Ruhrbergbaus, weil er sich von einer Kartellierung auch persönlich eine Steigerung seines Einflusses versprach. Da inzwischen klar war, dass im Zuge der Konzentration nicht der eine Unternehmer oder das eine Unternehmen dominant würde, sich vielmehr insbesondere GBAG, Harpen und Hibernia die Position der Förderstärksten teilten, versuchten sie zunächst, und keineswegs in Zusammenarbeit, institutionelle Bedingungen zu schaffen. Sie alle scheiterten mit ihren Versuchen.[36]

1891 schließlich waren die drei großen Unternehmen bereit, ein gemeinsames institutionelles Arrangement zu schmieden, das die »Beseitigung des ungesunden Wettbewerbs« zum Ziel hatte.[37] Entscheidend war, dass die

33 Eva-Maria Roelevink, Die Handlungskompetenz eines Managers. Der Aufstieg Emil Kirdorfs und die Gelsenkirchener Bergwerks-AG, 1873–1903/04, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 104:3, 2017, S. 376–411, hier S. 391–396.

34 Böse, Kartellpolitik im Kaiserreich, S. 52 f.

35 Roelevink, Die Handlungskompetenz eines Managers, S. 385–396.

36 Ausf. ebd., S. 393–398.

37 Ausführung, in: Jahrbuch für den Oberbergamtsbezirk Dortmund 25, 1925–1926, Essen 1926, S. 466 f.

maßgeblichen Zechenbesitzer und -vertreter inzwischen Einigkeit über die institutionell zu regulierenden Geschäftsfelder erarbeitet hatten: Anders als in den vorherigen Arrangements sollte das zu schließende Kohlen-Syndikat die Produktion, die Preise *und* die Absatzorganisation zentralisieren. Das Vorhaben wurde seit Beginn der 1890er Jahre zur Vertragsreife gebracht. Es scheiterte 1892 zunächst daran, dass die gemeinsame Produktionsregulierung strittig war und besonders die Vertreter der Hibernia eine größere Beteiligung – zuungunsten von GBAG und Harpen – forderten. Erst einige Monate später, 1893, gelang die Gründung des berüchtigten Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikats (RWKS). Die Verfügungsrechte der einzelnen Zechenbesitzer über Preisbestimmung, Produktionsfestlegung und Verkauf verlagerten sich mit der Syndikatsgründung in die auf Machtausgleich und Kompromiss ausgelegten Verhandlungsarenen des Syndikats. Es war dann das Syndikat, dass die Kohle von den Zechenbesitzern erwarb, in ein spezifisches rechtliches Modul im Sinne Pistors kleidete und verkaufte. Der »Vergrößerungstendenz«, d. h. der Konzentration des Eigentums im Ruhrbergbau, tat das keinen Abbruch. Auf der Basis des Kartellvertrages der Zechenbesitzer und der gegründeten Aktiengesellschaft RWKS entstand eine mächtige Kartellorganisation, gegen die sogar der primäre Rahmengeber – der Staat – nicht ankam.[38] So war es 1905 maßgeblich das RWKS, das die feindliche Übernahme der Hibernia durch den preußischen Staat, der auf diese Weise seine eigene Versorgung sichern und gleichsam Einfluss auf den Kohlenmarkt nehmen wollte, verhinderte.[39]

Umfassende Marktmacht hat das RWKS nie erreicht, wohl aber eine Monopolstellung in einzelnen Verkaufsgebieten innegehabt und mit über 900 Verwaltungsangestellten einen Regulierungsschirm aufgespannt, dessen Organisationsweise für die institutionelle Einfassung diverser Stoffe zum Vorbild wurde und dessen Organisationsmodi erst einige Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg verlassen wurden. Das institutionelle Gefüge, das das RWKS seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bedeutete, regulierte die Kohlenstoffströme im größten deutschen Kohlenrevier und war dank seines komplexen Auf-

38 Ausf. Eva-Maria Roelevink/Dieter Ziegler, The Syndicate in a Web of Intervention: the Rhenish-Westphalian Coal Syndicate and the State, 1893–1945, in: Ralf Banken/Ben Wubs (Hrsg.), The Rhine: A Transnational Economic History, Baden-Baden 2017, S. 115–143.

39 Ausf. Dietmar Bleidick, Die Hibernia-Affäre. Der Streit um den preußischen Staatsbergbau im Ruhrgebiet zu Beginn des 20. Jahrhunderts, Bochum 1999.

baus nach innen und außen intransparent.[40] Die Codierung der Kohle im Regelgerüst des RWKS war jedoch unvollständig. Das musste sie auch sein, um wandelbar und anpassungsfähig zu bleiben. Die Nicht-Integration der Nebenprodukte etwa war keineswegs »vergessen« worden, sondern ein Zugeständnis an eine Gruppe der sogenannten Reinen Zechen, um ihnen ein syndikatsunabhängiges Unternehmensfeld zu bieten. Zudem: Als »Stoff« und in ihrer Eigenaktivität spielte die Kohle keine Rolle, auch Umweltschäden oder die Sicherung des Abbaus wurden vom Syndikat nicht abgedeckt. Dafür gab es spezielle Verbände und technische Ausschüsse, etwa die, die im Verein für die bergbaulichen Interessen koordiniert wurden. Für die syndikatsrechtliche Codierung zentral waren der Preis, die Produktion und der Absatz, und hier war die Regulierung des Syndikats strukturgebend und montanindustriell folgenreich.[41]

Lücken im institutionellen Rahmen: Wertvolles Kali und seine nicht codierten Nebenprodukte

Früher noch als bei der Ruhrkohle kam es in der deutschen Kaliwirtschaft zur Syndizierung. Die Kaliwirtschaft hatte bereits 1883 eine gemeinsame Verkaufsstelle eingerichtet. Auch hier wurden die Verfügungsrechte über die Produktion, die Preisstellung und den Absatz in einem Syndikat gepoolt und damit vergemeinschaftet. Die Entdeckung des Rohstoffs Kali geschah in der Mitte des 19. Jahrhunderts eher zufällig. Bei Bohrungen nach Steinsalz im Königlich Preußischen Salzbergwerk in Staßfurt wurden in den 1850er Jahren

40 Für die Außenwirkung und die Versuche, das Syndikat von außen als Monopolist zu entlarven, ist das klar. Das galt aber auch für Mitglieder und damit nach innen: So schrieb Hugo Stinnes jr. dem Vorsitzenden des RWKS Erich Fickler in dem Versuch, eine stärkere Offenlegung der Syndikatspolitik zu erwirken, 1934: »Ich weiß, daß meinem Wunsch das Bedenken entgegengehalten wird, man könne die Konkurrenz nicht über Geschäftsgeheimnisse unterrichten. Es ist doch ein großer Trugschluß, anzunehmen, daß meine Wißbegierde in diesem Moment ihre Begründung hat, denn ich bin mir doch vollkommen klar, daß bei aller Information für mich vielleicht wichtige Geschäftsgeheimnisse mir spielend ferngehalten werden können.« Stinnes an Fickler, 15.1.1934, Montan.Dok, BBA 33/350, o. S.

41 Für eine institutionenökonomische Einordnung insbesondere der Eisen- und Stahlkartelle siehe Ulrich Nocken, German Cartels trough the Lens of Transaction Cost Theory, in: Wilfried Feldenkirchen/Susanne Hilger/Kornelia Rennert (Hrsg.), Geschichte – Unternehmen – Archive, Essen 2008, S. 273–292.

erstmals kalium- und magnesiumhaltige Salze gefördert, zunächst aber als Abfallprodukte klassifiziert. Schnell zeigte sich allerdings, dass der neuentdeckte Stoff deutlich mehr Eigenschaften besaß als bloßer und nicht weiter nutzbarer Abfall: Der Chemiker Adolph Frank fand heraus, dass Kalisalze die ideale Grundlage für nährstoffreiche Mineraldünger darstellen und gründete 1861 die erste Kalifabrik. Franks Entdeckung machten aus dem bis dahin achtlos aufgehaldeten Abfall über Nacht einen wertvollen Rohstoff und ein ökonomisch hochgradig verwertbares Wirtschaftsgut.

In den folgenden Jahren breitete sich das »Kalifieber«[42] mit rasender Geschwindigkeit aus, in immer mehr deutschen Staaten wurde nun nach den wertvollen Salzen gebohrt. Hauptabnehmer für den neuentdeckten Rohstoff war die Landwirtschaft, ein kleinerer Teil ging an die chemische Industrie.[43] Die Entdeckung der Kalisalze fiel mit der Hochphase des institutionellen Wandels im deutschen Bergbau zusammen. Ohne die Verankerung der Bergbaufreiheit 1865 und die Aufgabe des staatlichen Salzmonopols 1868 wäre die rasante Entwicklung der Kaliindustrie nicht möglich gewesen.[44] Nachdem der Staat seine Verfügung über die Gewinnung der Bodenschätze aber aufgegeben hatte, nahmen immer mehr private Bergbauunternehmen den neugewonnenen Rechtsanspruch wahr und förderten unter den Bedingungen der Bergbaufreiheit das »weiße Gold«.[45]

Besondere Bedeutung unter den Kaliabbauregionen erlangte das Werra-Revier. Es wurde spätestens in den 1920er Jahren unter maßgeblicher Beteiligung des zu dieser Zeit mächtigsten deutschen Kaliindustriellen August

---

42 Dagmar Mehnert, Der Aufbau des Kalireviers und die Jahre bis 1945, in: Hermann-Josef Hohmann/Dagmar Mehnert (Hrsg.), Bunte Salze, weiße Berge. Wachstum und Wandel der Kaliindustrie zwischen Thüringer Wald, Rhön und Vogelsberg, Hünfeld 2004, S. 35–100, hier S. 36.

43 Vgl. Lothar Brückner/Eckart Büxel/Hermann-Josef Hohmann, Die ersten Jahrzehnte. Der Aufstieg des Werra-Fulda-Reviers zwischen 1893 und 1933, in: Ulrich Eisenbach/Akos Paulinyi (Hrsg.), Die Kaliindustrie an Werra und Fulda. Geschichte eines landschaftsprägenden Industriezweigs, Darmstadt 1998, S. 49–78, hier S. 49; Mehnert, Der Aufbau des Kalireviers, S. 36; Rainer Slotta, 150 Jahre Kaliproduktion in Deutschland, in: Kali und Steinsalz 3, 2011, S. 20–52, hier S. 21–23.

44 Harm Schröter, Die internationale Kaliwirtschaft 1918 bis 1939. Zum Verhältnis von industrieller Kartellpolitik und Staatsinterventionismus, Kassel 1985, S. 7.

45 Vgl. Kühne, Das deutsche Bergrecht, S. 495–501; Eva-Maria Roelevink, Deutschland und die bergbaulichen Rohstoffmärkte für Steinkohle, Eisenerz, Kupfer und Kali von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis 1930, in: Tenfelde/Pierenkemper (Hrsg.), Motor der Industrialisierung, S. 17–43, hier S. 37 f.

Rosterg[46] zur wichtigsten deutschen Kalilagerstätte, weil die Rohsalzvorkommen in den beiden Flözen einen weltweit einzigartig hohen Anteil an Kieserit enthalten, einem seltenen magnesiumsulfathaltigen Mineral, aus dem bis heute hochwertige Spezialdünger hergestellt werden.[47] Seine außergewöhnlichen Eigenschaften machten das Werrakali zu einem besonders begehrten und äußerst lukrativen Wirtschaftsgut. Das sich rasant entwickelnde Werra-Revier erstreckte sich zwischen Eisenach in Westthüringen und der Region um die osthessische Stadt Fulda. Der namengebende Fluss, die Werra, floss vom Thüringischen Schiefergebirge westlich durch das Revier und mäanderte bis 1945 immer wieder über die Landesgrenze. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Werra zur Grenzmarkierung, zunächst als Zonengrenze zwischen sowjetischer und US-amerikanischer Besatzungszone, seit 1949 markierte die Werra dann die Grenze zwischen DDR und BRD. Damit änderte sich das institutionelle und rahmengebende Setting im Werra-Revier grundlegend.

Die politische Grenze markierte nunmehr die Trennlinie zwischen divergenten – geradezu polaren – institutionellen Rahmenordnungen, in denen wirtschaftliches Handeln unterschiedlich stark an politische Vorgaben gebunden war und die Unternehmen dementsprechend in ungleichem Maße über wirtschaftliche Handlungs- und Entscheidungsmacht verfügten.[48] Die Bundesrepublik verankerte unter dem Signum der »sozialen Marktwirtschaft« eine marktwirtschaftliche Rahmenordnung, die den Wettbewerb und auf Effizienz gerichtete Produktionsbedingungen zum Kern erhob. Auf der westdeutschen Seite blieben die Kalisalze damit in ihren rechtlichen und liberalen

---

46 August Rosterg war seit 1916 Generaldirektor und seit 1926 Vorstandsvorsitzender des wichtigsten deutschen Kaliunternehmens, der Wintershall AG. Vgl. zur Person Rosterg und zu Wintershall insbesondere im NS Manfred Grieger/Rainer Karlsch/Ingo Köhler, Expansion um jeden Preis. Studien zur Wintershall AG zwischen Krise und Krieg 1929–1945, Frankfurt am Main 2020.

47 Vgl. Norbert Deisenroth, Entstehung, Zusammensetzung und Veränderungen der Salzlagerstätte, in: Hohmann/Mehnert (Hrsg.), Bunte Salze, weiße Berge, S. 7–24, hier S. 9 f.; Rudolf Kokorsch, Die Kaliindustrie in Hessen 1945–1989, in: Eisenbach/Paulinyi (Hrsg.), Die Kaliindustrie an Werra und Fulda, S. 95–122, hier S. 100.

48 Vgl. Johannes Bähr, Institutionenordnung und Wirtschaftsentwicklung. Die Wirtschaftsgeschichte der DDR aus der Sicht des zwischendeutschen Vergleichs, in: Geschichte und Gesellschaft 25:4, 1999, S. 530–555; M. Rainer Lepsius, Institutionalisierung politischen Handelns. Analysen zur DDR, Wiedervereinigung und Europäischen Union, Wiesbaden 2013, S. 18–21; Mark Spoerer/Jochen Streb, Neue deutsche Wirtschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts, München 2013, S. 2 f.

Code »gekleidet« und wurden weiter privatwirtschaftlich genutzt, der primäre institutionelle Rahmen blieb also bestehen. Obschon die DDR nicht mit dem Ziel einer »Planwirtschaft« gegründet wurde, war die Kollektivierung des Eigentums zentral, und damit der Weg in die geplante und politisch zentralisierte Wirtschaft vorgezeichnet. Schon kurz nach Kriegsende verloren die im Werra-Revier tätigen Kaliunternehmen ihre privaten Verfügungsrechte über die von ihnen geförderten bergbaulichen Rohstoffe. Ihre Produktion diente zunächst als Zahlungsmittel für Reparationsforderungen der Sowjetunion, bevor die Eigentums- und Verfügungsrechte 1952 in das Volkseigentum der DDR übergingen, als dessen Verwalter der Staat fungierte.[49] In den folgenden Jahrzehnten führte die DDR-Regierung »den schon seit Kriegsende eingeschlagenen Weg eines Staatsbergbaus auf der Grundlage der ideologischen und rechtlichen Prämissen des Volkseigentums an den Bodenschätzen« fort.[50] Das 1969 erlassene Berggesetz bestätigte die in den frühen Nachkriegsjahren geschaffene Rechtslage, nach der das Recht zur Mutung und Gewinnung von Bodenschätzen ausschließlich beim Staat lag. Der übertrug es allerdings grundsätzlich staatlichen Organen oder Volkseigenen Betrieben, sodass diese letztlich die Bergbautätigkeit ausübten.[51]

So unterschiedlich das primäre Institutionengefüge auf beiden Seiten der Grenze auch war, die ost- und westdeutschen Kaliproduzenten an der Werra waren nicht nur politisch ungleich institutionell eingefasste Nachbarn, sondern auch direkte Konkurrenten, denn beide produzierten für den Weltmarkt. Mit Blick auf die Rationalisierungs- und Modernisierungsprozesse sowie auf eine kontinuierliche Steigerung der Produktion durchliefen die Industrien auf beiden Seiten der deutschen Grenze in den ersten beiden Nachkriegsjahrzehnten dann auch ganz ähnliche Entwicklungen. Zudem sahen sich die ost- und westdeutschen Kaliproduzenten mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert, wie sie etwa mit dem Markteintritt neuer Konkurrenten, allen voran der Sowjetunion und Kanada, und der damit zusammenhängenden Verschärfung des internationalen Wettbewerbs sowie mit den starken Produktions-, Verbrauchs- und Preisschwankungen in den 1980er Jahren einhergingen.[52]

---

49 Vgl. Kühne, Das deutsche Bergrecht, S. 518; André Steiner, Bergbau in der DDR – Strukturen und Prozesse, in: Dieter Ziegler (Hrsg.), Rohstoffgewinnung im Strukturwandel. Der deutsche Bergbau im 20. Jahrhundert, Münster 2013, S. 303–354, hier S. 306.

50 Kühne, Das deutsche Bergrecht, S. 518.

51 Vgl. ebd., S. 519.

52 Vgl. Hans-Heinz Emons, Die Kaliindustrie – Geschichte eines deutschen Wirtschaftszweiges?, in: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 49:6, 2001, S. 5–73, hier S. 31–36;

Allerdings setzte die DDR deutlich stärker auf den Export: Bis zu 85 Prozent des abgebauten Kalis wurden exportiert, in erster Linie zur schnellen Erwirtschaftung von Devisen. In der Bundesrepublik lag der Exportanteil immerhin bei gut 50 Prozent.[53]

Von dieser augenscheinlichen Polarität abgesehen, hatte das profitable Geschäft mit dem »weiße[n] Gold«[54] auch unerwünschte Nebeneffekte. Die Kaliwerke an der Werra leiteten die biologisch nicht abbaubaren salzhaltigen Abwässer, die bei der Weiterverarbeitung der Rohsalze entstanden, in die Werra ein. Aus ökologischer Sicht besonders problematisch waren ausgerechnet die sogenannten Kieseritwaschwässer, hoch konzentrierte Salzlösungen, die bei der Trennung des wertvollen Kieserits vom Steinsalz anfielen.[55] Mitte der 1970er Jahre zeigten sich die katastrophalen ökologischen Folgen dieser jahrzehntelangen Praxis deutlicher denn je: Die im Herbst 1976 am Pegel Gerstungen entnommenen Wasserproben wiesen einen Salzgehalt auf, der den der Nordsee um mehr als das doppelte übertraf. Zu diesem Zeitpunkt war die Werra bereits biologisch tot, Süßwasserorganismen konnten in der salzigen Umgebung schon lange nicht mehr überleben.[56]

Gleichwohl, gänzlich unreguliert oder institutionell ohne Rahmen war die Einleitung nicht. So existierten sowohl Grenzwerte für den Salzgehalt der Werra als auch Einleitungsquoten für die ost- und westdeutschen Werke – und damit formale Institutionen, welche die umweltschädliche Praxis zumindest theoretisch einschränkten –, doch diese waren zuletzt kurz nach Kriegsende festgelegt worden und ihre Überschreitung hatte keine Konsequenzen für die

Michael Farrenkopf, Wiederaufstieg und Niedergang des Bergbaus in der Bundesrepublik, in: Ziegler (Hrsg.), Rohstoffgewinnung im Strukturwandel, S. 183–302, hier S. 284–287.

53 Vgl. Steiner, Bergbau in der DDR, S. 304 f. u. 347; Hartmut Ruck, Die Kaliindustrie in Thüringen 1945–1989, in: Eisenbach/Paulinyi (Hrsg.), Die Kaliindustrie an Werra und Fulda, S. 123–136, hier S. 135; Kokorsch, Die Kaliindustrie in Hessen, S. 106 u. 117.

54 Zit. nach Steiner, Bergbau in der DDR, S. 347.

55 Vgl. Klaus-Martin Liersch, Salz in Werra und Weser, in: Geographische Rundschau 39:11, 1987, S. 642–647; Jürgen Hulsch/Gerhard M. Veh, Zur Salzbelastung von Werra und Weser, in: Neues Archiv für Niedersachsen 27:4, 1978, S. 367–377, hier S. 369; Ulrich Eisenbach, Kaliindustrie und Umwelt, in: ders./Paulinyi (Hrsg.), Die Kaliindustrie an Werra und Fulda., S. 194–222, hier S. 197 f.

56 Vgl. Eisenbach, Kaliindustrie und Umwelt, S. 218–220; Liersch, Salz in Werra und Weser; Winfried Wroz, Die Salzbelastung von Werra und Weser und Rhein – ein Umweltproblem, München 1982.

Kaliunternehmen.[57] Letzteres lag vor allem daran, dass die Neben-und Abfallprodukte – anders als die Nutzungs-und Verwertungsrechte – rechtlich nicht derart ausdifferenziert codiert worden waren, dass den Unternehmen als Verursachern auch eine Kostenträgerschaft für die Abfallstoffe zugeordnet war, und zwar unabhängig davon, ob der institutionelle Rahmen ein planwirtschaftlicher oder marktwirtschaftlicher war. Die Industrien in Ost wie in West beriefen sich wie ehedem auf das Recht, Flüsse unentgeltlich als natürliche Abwasserleiter zu nutzen, und verwiesen dabei auf die vermeintliche Selbstreinigungskraft fließender Gewässer.[58]

Schon im ausgehenden Kaiserreich gab es ein breites Wissen um die Schädigung und den Schutz der Natur bzw. Umwelt sowie eine Vielzahl von in diesem Bereich engagierten Personen und Gruppierungen, die zumeist im politisch konservativen bis rechten Spektrum verankert waren.[59] Allerdings enthielt der gesetzliche Rahmen bis weit nach dem Zweiten Weltkrieg und in beiden deutschen Staaten keine Verpflichtungen der Industrie zum Schutz der Umwelt, weshalb in den Plänen der Unternehmen und Betriebe keine Ausgaben für Umweltschutzmaßnahmen vorgesehen waren. In den 1970er Jahren kam es dann zu einem »legislative[n] Schub im Umweltrecht«[60] und in beiden deutschen Staaten wurde der Umweltschutz erstmals umfassend rechtlich fi-

57 Vgl. Hulsch/Veh, Zur Salzbelastung von Werra und Weser, S. 369–371; Liersch, Salz in Werra und Weser, S. 643; Wroz, Die Salzbelastung von Werra und Weser und Rhein, S. 16; Astrid M. Eckert, Geteilt, aber nicht unverbunden. Grenzgewässer als deutsch-deutsches Umweltproblem, in: Vierteljahrshefte für Zeitgeschichte 62:1, 2014, S. 69–99, hier S. 82.

58 Vgl. Thomas Rommelspacher, Das natürliche Recht auf Wasserverschmutzung. Geschichte des Wassers im 19. und 20. Jahrhundert, in: Franz-Josef Brüggemeier/Thomas Rommelspacher (Hrsg.), Besiegte Natur. Geschichte der Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert, München 1987, S. 42–61, hier S. 50 f.; Michael Kloepfer, Umweltrecht, unter Mitarbeit von Rico David Neugärtner, 4. Aufl., München 2016 (1989), S. 79. Zum Verhältnis von Bergbau und Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert vgl. Frank Uekötter, Bergbau und Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert, in: Ziegler (Hrsg.), Rohstoffgewinnung im Strukturwandel, S. 539–570.

59 Vgl. Franz-Josef Brüggemeier, Natur, Gesundheit, Eigentum. Zur Entwicklung des Umweltbewußtseins in Deutschland im 19. und 20. Jahrhundert, in: Michael Kloepfer (Hrsg.), Schübe des Umweltbewußtseins und der Umweltrechtsentwicklung, Bonn 1995, S. 1–17, hier S. 7–14.

60 Kloepfer, Umweltrecht, S. 101.

xiert.[61] Die auch im internationalen Vergleich starke institutionelle Verankerung des Umweltschutzes in der DDR änderte nichts an der Tatsache, dass die thüringischen Kaliwerke weiterhin große Mengen an salzhaltigen Abwässern in die Werra pumpten. Der auf den ersten Blick widersprüchliche Befund erklärt sich vor allem mit dem seit den 1970er Jahren bestehenden politisch gewollten und konsequent umgesetzten Vorrang ökonomischer vor ökologischen Belangen sowie mit den stark eingeschränkten (finanziellen) Möglichkeiten in der DDR-Planwirtschaft, die sowohl eine Kontrolle und Sanktionierung von Regelverstößen als auch und insbesondere technische Innovationen und somit eine Umsetzung des institutionalisierten Umweltschutzes in der Praxis verhinderten.[62] Hinzu kam, dass die ostdeutschen Werra-Werke ihre salzhaltigen Abwässer seit den späten 1960er Jahren nicht mehr ins untertägige Plattendolomit verpressen konnten, zum einen, weil nicht genügend Versenkräume zur Verfügung standen, zum anderen, weil es zuvor immer wieder zu Grundwasserversalzungen und seismischen Ereignissen gekommen war.[63]

Vor diesem Hintergrund bot die Werra der DDR »nahezu ideale Möglichkeiten zur Externalisierung ökologischer Kosten«.[64] Diese sollte nämlich der Rechtsauffassung der DDR-Regierung nach derjenige übernehmen, der

61 Vgl. Frank Uekötter, Ökologische Verflechtungen. Umrisse einer grünen Zeitgeschichte, in: Frank Bösch (Hrsg.), Geteilte Geschichte. Ost- und Westdeutschland 1970–2000, Bonn 2015, S. 117–152, hier S. 124–128; Hannsjörg F. Buck, Umweltpolitik und Umweltbelastung. Das Ausmaß der Umweltbelastung und Umweltzerstörung beim Untergang der DDR 1989/90, in: Eberhard Kuhrt (Hrsg.), Die wirtschaftliche und ökologische Situation der DDR in den 80er Jahren, Opladen 1996, S. 223–266, hier S. 223 f.; Kloepfer, Umweltrecht, S. 97–101. Zum Umweltschutz in der DDR vgl. Tobias Huff, Natur und Industrie im Sozialismus. Eine Umweltgeschichte der DDR, Göttingen 2015; Christian Möller, Umwelt und Herrschaft in der DDR. Politik, Protest und die Grenzen der Partizipation in der Diktatur, Göttingen 2020.

62 Vgl. Christoph Bernhardt, Zwischen Industrialismus und sanitärer Wohlfahrt. Umweltprobleme im Sozialismus am Beispiel der Wasserfrage in der DDR, in: Torsten Meyer/Marcus Popplow (Hrsg.), Technik, Arbeit und Umwelt in der Geschichte. Günter Bayerl zum 60. Geburtstag, Münster u. a. 2006, S. 367–380, hier S. 377; Huff, Natur und Industrie, S. 412–425; ders., Environmental Policy in the GDR: Principles, Restrictions, Failure and Legacy, in: Sabine Mödersheim/Scott Moranda/Eli Rubin (Hrsg.), Ecologies of Socialisms. Germany, Nature and the Left in History, Politics, and Culture, Oxford 2019, S. 53–80, hier S. 75–77; Kloepfer, Umweltrecht, S. 105; Steiner, Bergbau in der DDR, S. 317–319.

63 Vgl. Eisenbach, Kaliindustrie und Umwelt, S. 209; Liersch, Salz in Werra und Weser, S. 644.

64 Uekötter, Ökologische Verflechtungen, S. 119.

von einer Reduzierung der Werraversalzung profitieren würde. Damit nahm die DDR einen typischen Oberliegerstandpunkt ein;[65] allerdings handelt es sich beim sogenannten Nutzen- oder Nutznießerprinzip nicht per se um ein rechtliches Prinzip.[66] Anders verhielt es sich mit dem im Umweltrecht verankerten und international anerkannten Verursacherprinzip, auf das sich die Bundesrepublik in diesem Fall bezog, und demgemäß die Verantwortung für Umweltschutzmaßnahmen beim Verursacher von Umweltschäden lag.[67] Weil der Grenzfluss Werra von Ost- nach Westdeutschland fließt, zeigten sich die Folgen der Salzeinleitungen vor allem auf bundesdeutschem Gebiet in und um Werra und Weser. Im Westen arbeitete man schon seit den 1950er Jahren an der Entwicklung und Etablierung von alternativen Verarbeitungsverfahren, die weniger flüssige Rückstände verursachten, und verpresste zudem einen nicht unerheblichen Teil der anfallenden Abwässer unter Tage. Ganz ohne Salzeinleitungen kamen allerdings auch die westlichen Kaliunternehmen nicht aus, wenngleich in deutlich geringerem Ausmaß als ihre ostdeutschen Nachbarn.[68] Die Anfang der 1980er Jahre aufgenommenen Verhandlungen zwischen den beiden deutschen Staaten zur Reduzierung der Werraversalzung führten bis zum Ende der DDR zu keinem Ergebnis. Noch heute sind die Salzeinleitungen in die Werra durch die Kaliindustrie ein Streitthema zwischen dem Kasseler Kalikonzern K+S, hessischen und thüringischen Umweltverbänden, Politik und Justiz.[69]

---

65 Die gleiche Position vertrat die DDR in den 1980er Jahren in Bezug auf die Elbeverschmutzung. Vgl. Rainer Durth, Grenzüberschreitende Umweltprobleme und regionale Integration. Zur Politischen Ökonomie von Oberlauf-Unterlauf-Problemen an internationalen Flüssen, Baden-Baden 1996, S. 203–210.

66 Vgl. ebd., S. 210 f.; Astrid M. Eckert, West Germany and the Iron Curtain. Environment, Economy, and Culture in the Borderlands, New York 2019, S. 137.

67 Vgl. Michael von Berg, Umweltschutzabkommen Bundesrepublik Deutschland/DDR, in: Maria Haendcke-Hopp/Konrad Merkel (Hrsg.), Umweltschutz in beiden Teilen Deutschlands, Berlin 1986, S. 123–130; Eckert, West Germany and the Iron Curtain, S. 136 f.; dies., Geteilt, aber nicht unverbunden, S. 85; Liersch, Salz in Werra und Weser, S. 647.

68 Vgl. Hulsch/Veh, Zur Salzbelastung von Werra und Weser, S. 372–377; Eisenbach, Kaliindustrie und Umwelt, S. 213–216.

69 Vgl. Bernd Hansjürgens/Thomas Döring/Lorenz Blume, Kalibergbau und Gewässerschutz im Werratal. Eine ökonomische Analyse der regionalwirtschaftlichen Bedeutung und umweltbezogenen Folgewirkungen, unter Mitarbeit von Stephan Gabriel, Marburg 2011; siehe auch Günter Beyer, Das lästige Salz der Erde. Wohin mit den Rückständen der Kaliproduktion?, in: Deutschlandfunk Kultur – Zeitfragen,

Das verdeutlicht: Der institutionelle Rahmen umfasst(e) nicht alle Handlungsfolgen. Die rechtliche Codierung der Rohstoffe verlief höchst selektiv und ließ bestimmte stoffliche Eigenschaften außen vor. Zu Wirtschaftsgütern, zu Kapital, wurden somit nur die profitablen Bestandteile der entsprechenden Rohstoffe. Solange der »Code des Kapitals« also nicht auch die Neben- und Abfallstoffe der Stoffnutzung einschließt, bleibt offen, wer die Rechnung für die ökologischen Kosten wirtschaftlicher Ressourcenverwendung zu tragen hat:

> »Das Verbot […], Gewässer zu verunreinigen, wird so lange eine relativ wirkungslose Nutzungsbeschränkung darstellen wie die zu erwartenden Kosten der Übertretung nur in einem schlechten Gewissen des Verursachers bestehen.«[70]

Schlussbemerkungen

Die Aneigungsformen von Stoffen für die wirtschaftliche Nutzung sind unvollständig, so ließe sich resümieren – und zwar sowohl aufgrund von unvollständigem oder umstrittenem Wissen über Stoffe als auch aufgrund von bewusster Auslassung bestimmter stofflicher Eigenschaften. Das ist aus institutionenökonomischer Perspektive kaum überraschend. Stoffe in das sie umgebende institutionelle Setting einzuordnen, ist daher von besonderer Relevanz. Denn hier zeigt sich nicht das »Dass«, sondern das »Wie« der ökonomischen Logik. Die wirtschaftliche Stoffnutzung mit ihrer ökonomischen Logik besitzt eine diskursive, ja deutende Macht, so könnte man gegenwärtige Zeitdiagnostik zusammenfassen. Bereits Richard Sennett identifizierte den ständig rationalflexiblen Menschen,[71] die übergreifende »Ökonomisierung«

14.6.2016, https://www.deutschlandfunkkultur.de/das-laestige-salz-der-erde-wohin-mit-den-rueckstaenden-der.976.de.html?dram:article_id=357060 [28.3.2023]; Christoph Schmidt-Lunau, Kaliabbau in Hessen und Thüringen. In die Werra fließt zu viel Salz, in: taz, 16.5.2018, https://taz.de/Kali-Abbau-in-Hessen-und-Thueringen/!5502919/ [28.3.2023]; Friederike Steensen/Jan-Christoph Eisenberg, Versenkerlaubnis für Salzlauge von K+S: Staatsanwalt erhebt schwere Vorwürfe, in: Die Hessische/Niedersächsische Allgemeine, 7.5.2021, https://www.hna.de/lokales/rotenburg-bebra/versenkerlaubnis-fuer-salzlauge-von-staatsanwalt-erhebt-schwere-vorwuerfe-90512025.html [28.3.2023].

70 Tietzel, Die Ökonomie der Property Rights, S. 212.

71 Richard Sennett, Der flexible Mensch. Die Kultur des neuen Kapitalismus, aus dem Amerikanischen übers. von Martin Richter, 5. Aufl., Berlin 2008 (1998).

fungiert als Reizwort und Phänomen, das »ökonomische Selbst« ist Auftrag, aber wohl kaum Realität. Zweifelsohne gehört die Wirtschaft zu den zentralen Koordinaten moderner Gesellschaft(en). Aus originär wirtschaftshistorischer Perspektive existiert eine Vielzahl von methodischen Herangehensweisen und Ansätzen, die die Wirtschaft als System fassbar macht. Mit der hier im weitesten Sinne institutionenökonomischen Perspektive ist ein gängiger Zugriff gewählt, mit dem Stoffe in ihrem institutionellen Rahmen eingeordnet werden können. Denn die »institutionelle Revolution« bedeutete mitnichten eine Freisetzung und dauerhafte Atomisierung der wirtschaftlichen Beherrschung von Stoffen, sondern eine Veränderung des Rahmens, der beispielsweise im Fall der Kohle starke sekundäre Institutionen hervorbrachte. Insofern ist es verkürzend, die Möglichkeit der Disposition über Stoffe allein von dem primären und vom Staat gewährten und gesicherten Rahmen abzuleiten. Der Verlust der »Selbstständigkeit« konnte – wie bei der Ruhrkohle und auch beim Kali – ähnlich stark reguliert, zentralisiert und eingeschränkt werden wie zur Zeit des Direktionsprinzips. So wird deutlich, die »Ökonomisierung« ist ein mächtiger institutioneller Prozess, aber sie ist nicht umfassend.

Mit Blick auf die spezifischen Eigenschaften von Stoffen hat sich gezeigt, dass in erster Linie ihre Bewertung dafür verantwortlich war, ob ein Stoff rechtlich codiert und als Wirtschaftsgut nutzbar gemacht wurde. Dabei wurden stoffliche Eigenschaften mitunter ausgeblendet und nicht in die entsprechenden rechtlichen Module »gekleidet« – wodurch in der Konsequenz auch die Handlungsfolgen wirtschaftlicher Akteur:innen aus dem institutionellen Rahmen ausgeklammert blieben. Wie dieser Rahmen konkret ausgestaltet wurde, zeigt die Differenzierung von primären und sekundären Institutionen. Im Zuge der hier vorgeschlagenen Verbindung von stoffhistorischer und institutionenökonomischer Perspektive werden also zunächst Gesetze und staatliche Rechtsvorschriften, behördliche Auflagen, Grenzwerte und Quoten herangezogen, um den »äußeren«, primären Institutionenrahmen zu bestimmen. Die sekundären Institutionen erschließen sich beim Auswerten von (qualitativen wie quantitativen) unternehmenshistorischen Quellen beispielsweise zu Preisentwicklung und Produktionskosten, Verhandlungen und Abkommen zwischen Wettbewerbern etwa in Form von Förder- und Preiskonventionen sowie schließlich zur Syndizierung und Kartellierung der Marktteilnehmer. So werden nicht nur die Mechanismen der selektiven Codierung von Stoffen erkennbar, sondern auch die ökologischen Folgen dieser Praxis und deren vormals verborgene Kosten.

Stoffgeschichte und Diversifizierung

Kohle als Brennstoff, Abfall und Stofflieferant (1550–1950)

Helge Wendt

Der Themenschwerpunkt »Kohle als Energielieferant« bildete in der historischen Forschung bisher den Hauptfokus bei einer Beschäftigung mit Kohlen – mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung.[1] Neben dieser menschlichen Nutzung weist die Stoffgeschichte von Kohle aber eine große Anzahl von Perspektiven auf, die im vorliegenden Aufsatz vorgestellt werden. Ausgehend vom Forschungsstand werden im Folgenden verschiedene Themenfelder der stoffhistorischen Forschung zu Kohlen erschlossen. Mit Diversifizierung sollen dabei langfristige Entwicklungen beschrieben werden, in denen, miteinander verbunden oder ohne einen direkten Austausch untereinander, sich neue Nutzungsformen der Kohle ausbildeten und das Wissen über Kohle zunahm. Diese beiden über mehrere Jahrhunderte andauernden Dynamiken aus Wissen und Nutzung entstanden in verschiedenen geografischen und sozialen Räumen. Außerdem wird dargelegt, dass mit dem einheitlich als »Kohle« bezeichneten Stoff eine Vielzahl von verschiedenen Stofftypen beschrieben wurde. Die Nutzungsformen diversifizierten sich im reziproken Austausch mit der Typenvielfalt. Und schließlich ist eine Vielheit auch in der

1 Vgl. David S. Landes, The Unbound Prometheus, Cambridge 1969; Vaclav Smil, Energy Transitions. History, Requirements, Prospects, Santa Barbara 2010; E. Anthony Wrigley, Energy and the English Industrial Revolution, Cambridge u. a. 2010; Astrid Kander/Paolo Malanima/Paul Warde, Power to the People. Energy in Europe over the Last Five Centuries, Princeton/Oxford 2013; Clapperton Chakenetsa Mavhunga, Energy, Industry, and Transport in South-Central Africa's History, in: ders./Helmuth Trischler, Energy (and) Colonialism, Energy (In)Dependence. Africa, Europe, Greenland, North America, München 2014, S. 9–17; Franz-Josef Brüggemeier, Grubengold. Das Zeitalter der Kohle von 1750 bis heute, München 2018; Richard Rhodes, Energy. A Human History, New York 2018.

Behandlung des keineswegs als einheitlich zu begreifenden Stoffes Kohle durch Extraktion, Veredelung, Destillation und Synthese zu finden.[2]

Die Relevanz von Kohlen in der Industrialisierung: Skizzierung des Forschungstands

Kohle ist in der Geschichtswissenschaft kein unbekannter Gegenstand. Jedoch wurde die Kohle selten als Stoff untersucht, sondern eher als vorhandenes Material, mit dem sich weitgehend unhinterfragt soziale und technische Entwicklungen verbanden. In der Sozialgeschichte haben besonders die Arbeitskontexte der Kohleförderung und der Montanindustrie Beachtung gefunden, die sich erheblich auf das soziale Leben, die Gesundheit und die politische Organisation von Teilen der Gesellschaft auswirkten.[3]

In der Wirtschaftsgeschichte liegt das Hauptaugenmerk auf den mit dem Brennstoff Kohle verbundenen makro- und mikroökonomischen Entwicklungen.[4] Hier stehen die Montanindustrie und die Entwicklung des Transportgewerbes klar im Vordergrund.[5] Auch wurden einige aus Kohle und Kohleabfällen gewonnene Stoffe, die besonders in der chemischen Industrie hergestellt und weiterverarbeitet wurden, diskutiert. Hier ist vor allem die Forschung zu Farbstoffen zu nennen, die die Wirtschafts- und Technikgeschichte miteinander verbindet.[6]

2 Hierdurch wird die ontologische Einheit des Stoffes infrage gestellt. Dieser Aspekt kann aus Platzgründen hier nicht ausführlicher behandelt werden.

3 Vgl. Jürgen Kocka, Geschichte des Kapitalismus, München 2013; Brüggemeier, Grubengold; David M. Turner/Daniel Blackie, Disability in the Industrial Revolution. Physical Impairment in British Coalmining, 1780–1880, Manchester 2018.

4 Vgl. Ralf Banken, Die Industrialisierung der Saarregion 1815–1914, Bd. 2: Take-Off-Phase und Hochindustrialisierung 1815–1914, Stuttgart 2003.

5 Vgl. Sidney Pollard, Industrialization and the European Economy, in: The Economic History Review 26:4, 1973, S. 636–648.

6 Alexander Engel, Coloring the World: Marketing German Dyestuffs in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries, in: Regina Lee Blaszczyk/Uwe Spiekermann (Hrsg.), Bright Modernity. Color, Commerce, and Consumer Culture, Cham 2017, S. 37–53; Carsten Reinhardt, Forschung in der chemischen Industrie: Die Entwicklung synthetischer Farbstoffe bei BASF und Hoechst, 1863 bis 1914, Freiberg 1997; Kathleen Steen, The American Synthetic Organic Chemicals Industry. War and Politics, 1910–1930, Chapel Hill 2014.

Die Umweltgeschichte wiederum hat Kohle als Brennstoff für die Themen Luftverschmutzung, Veränderungen der natürlichen Umwelt, Landschaftsveränderungen und die möglichen Folgen für den menschlichen Organismus behandelt. Besonders wird in diesem Feld der Kohlenstoff als Bestandteil der Kohle untersucht.[7] Außerdem findet sich das Thema der Schonung von natürlichen Ressourcen, um langfristige Wirtschaftsentwicklungen und Standorte nicht zu gefährden.[8]

Historiografisch ist der Zusammenhang von Industrialisierung und Kohle klar herausgearbeitet.[9] Auch wissens- und technikhistorische Ansätze bewegen sich in diesem Narrativ der industriellen Nutzung des Brennstoffs Kohle.[10] Anhand der technischen Kohlenutzung und wissenschaftlichen Beschäftigung mit den energetischen Konversionsprozessen wurden Grundlagen der Physik wie der erste und der zweite Satz der Thermodynamik formuliert, die laut On Barak wiederum Auswirkungen auf koloniale Asymmetrien besaßen.[11]

Durch die Vielzahl der geschichtswissenschaftlichen Themen tritt ein weiterer entscheidender Aspekt hervor, der aus der Perspektive der Stoffgeschichte ausgeführt werden soll: nämlich die Diversifizierung der Stoffnutzung.[12] Schon im Laufe der vorindustriellen Nutzung von Kohle ist eine Diversifizierung der Nutzungszusammenhänge feststellbar, die sowohl den Sektor des Bergbaus als auch den Sektor der Wärmeausbeute immer begleite-

---

7 Vgl. Bernadette Bensaude Vincent/Sacha Loeve, Carbone. Ses vies, ses œuvres, Paris 2018.

8 Brüggemeier, Grubengold; Germán Vergara, How Coal Kept My Valley Green: Forest Conservation, State Intervention, and the Transition to Fossil Fuels in Mexico, in: Environmental History 23:1, 2017, S. 82–105, https://doi.org/10.1093/envhis/emx126.

9 Jürgen Osterhammel, Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts, München 2009, S. 937–939.

10 Vgl. Jürgen Renn/Benjamin Johnson/Benjamin Steininger, Ammoniak und seine Synthese – Wie eine epochale Erfindung das Leben der Menschen und die Arbeit der Chemiker veränderte, in: Naturwissenschaftliche Rundschau 70:10, 2017, S. 507–514.

11 On Barak, Powering Empire. How Coal Made the Middle East and Sparked Global Carbonization, Oakland 2020, S. 83; siehe auch Richard N. Adams, Paradoxical Harvest. Energy and Explanation in British History, 1870–1914, Cambridge u. a. 1982; George Basalla, The Spread of Western Science. A three-stage model describes the introduction of modern science into any non-European nation, in: Science 156, 1967, S. 612–622.

12 Vgl. Nora Thorade, Das Schwarze Gold. Eine Stoffgeschichte der Steinkohle im 19. Jahrhundert, Paderborn 2020.

te. Ohne eine industrielle Wissensoikonomie der Kohle,[13] die die Nutzung und das Wissen umfasst, hätte es die Versorgung der Städte mit Leuchtgas, der Fabriken der Chemieindustrie mit Steinkohleteer oder den Ausbau der Straßen mit Asphalt nicht gegeben.[14] Reziprok führte die Nachfrage nach diesen Verbrauchs- und Produktionsstoffen zu einer Stabilisierung des Sektors der kalorischen Nutzung von Kohle in Heizkraftwerken, Kokereien und Hochöfen – und somit letztendlich zu dem oben skizzierten Masternarrativ, in dem die kalorische Nutzung der Kohle dominiert.[15]

Gegen die einseitige Nutzung von Kohlen als Brennstoff formierte sich meist in Zeiten von Versorgungskrisen Widerstand. In den 1890er Jahren waren es die Physikprofessoren Rudolf Clausius und Heinrich Hertz, die einen Ausbau der Verstromung von Kohle anmahnten, um die nationalen Kohlelagerstätten zu schonen und dennoch ausreichend Energie für die Entwicklungen von Industrie und Transportwesen zu erzeugen.[16] Zwischen 1917 und 1923 regten Wissenschaftler und Ingenieure an, der Verbrennung von Kohle verschiedene chemische Prozesse vorzuschalten, damit in Zeiten einer mit der Kriegswirtschaft verbundenen weltweiten Kohlennot eine verbesserte Stoffausbeute der Rohkohle möglich würde.[17] Schon früher hatten

---

13 Siehe zum Begriff Nora Schmidt/Nikolas Pissis/Gyburg Uhlmann, Wissensoikonomien – Einleitung, in: dies. (Hrsg.), Wissensoikonomien. Ordnung und Transgression vormoderner Kulturen, Wiesbaden 2021, S. 1–12; Helge Wendt, Kohlezeit. Eine Global- und Wissensgeschichte (1500–1900), Frankfurt am Main 2022, S. 22–41.

14 Charles-François Mathis, La civilisation du charbon. En Angleterre, du règne de Victoria à Seconde Guerre mondiale, Paris 2021.

15 Darauf verweist auch der Chemieprofessor Bernhard Lepsius in seiner Lobrede auf die Chemieindustrie, die er anlässlich des 25. Regierungsjubiläums Kaiser Wilhelm II. 1913 hielt: Bernhard Lepsius, Deutschlands Chemische Industrie 1888–1913, Berlin 1914, S. 38.

16 Rudolf Clausius, Ueber die Energievorräthe der Natur und ihre Verwertung zum Nutzen der Menschheit, Bonn 1885; Heinrich Hertz, Der Energiehaushalt der Erde (1885), in: Fridericiana 54, 1998, S. 3–15.

17 Gregorio Amunátegui Jordán, Destilación del carbón a baja temperatura, in: Anales del Instituto de Ingenieros de Chile 24:8, 1924, S. 481–499, https://revistas.uchile.cl/index.php/AICH/article/view/34132 [26.4.2023]; Georges Arnaud, Le développement de l'industrie chimique en France, in: Annales de Géographie 34:191, 1925, S. 443–445; Robert Brunschweig/Charles Pomaret, Rapport de la Commission de Carbonisation, au cours de l'année 1922, in: Journal officiel de la République. Débats parlementaires. Chambre des députés. Compte rendu in-extenso 55:118, 1923, S. 4293–4297; W. Francis Goodrich, Utilisation of Low Grade and Waste Fuels, London 1924; Wilhelm Gluud, Tieftemperaturverkokung der Steinkohle, Halle 1919; Paul Krassa-Krohn, La destila-

ökonomische Beweggründe auch in den USA eine Sorge vor der Endlichkeit der Lagerstätten eine Suche nach alternativen Nutzungsformen von Kohle begründet.[18]

Die Verwendung von Kohle wurde also mit der Industrialisierung allgegenwärtig. Kohle war *der* Brennstoff in der Montanindustrie. Kohlebriketts wurden massenweise zum Heizen der Häuser eingesetzt. Stationäre Dampfmaschinen betrieben Pumpen in Bergwerken und Fabriken, auch die städtische Wasserversorgung basierte auf solchen Pumpen. In Fabriken trieben Dampfmaschinen Fabrikationsmaschinen an und stießen enorme Mengen an Kohlenstoff aus. Durch die mobilen Dampfmaschinen der Eisenbahnen und Dampfschiffe wurden weitere Anwendungsgebiete erschlossen. In all diesen Verwendungen wurde der in den Kohlen enthaltene Kohlenstoff zu einem Anteil von bis zu 60 Prozent in die Atmosphäre abgegeben und stellte damit einen Hauptbeitrag der anthropogenen akkumulativen CO_2-Emissionen dar.[19] Die Verbrennungseigenschaften und damit das Emissionsverhalten hingen dabei von der eingesetzten Technologie und von den in Kohlen nachweisbaren Spurenelementen ab. Die bei der Verbrennung entstehenden Aschen wurden immer wieder analysiert, wodurch die verschiedenen Spurenelemente, die mit der Entstehung und der Inkohlung in Zusammenhang gebracht wurden, für die Verwendungs- und Aufbereitungspraxis in den Blick rückten.[20]

Aber keine der exemplarisch aufgeführten Technologien waren einfach da, sondern entstanden in teilweisen sehr lokalen Kontexten und wurden dann durch Wissens- und Technologietransfer in andere Kontexte übertragen, verändert und weiterentwickelt. Kohlebriketts haben dabei verschiedene Ursprungskontexte: Einer ist die Verwertung von Resten und nicht als Brennmaterial nutzbaren Flözschichten im Kohlerevier von Lüttich, aus dem in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts sogenannte Eierkohlen (eine Vorform der Briketts) geformt und auch nach Frankreich eingeführt wurden. Dieses

---

ciónde carbones chilenos a baja temperatura, in: Anales de la Universidad de Chile 3:2, 1925, S. 847–878.

18 Vgl. Israel Charles White, The Waste of Our Fuel Resources, Conference on the Conservation of Natural Resources, White House, Washington 1908.

19 Richard N. Adams, Energy and Structure. A Theory of Social Power, Austin/London 1975, S. 109 f.

20 Heinz-Gerhard Franck/André Knop, Kohleveredlung. Chemie und Technologie, Berlin u. a. 1979, S. 21–23; siehe auch Vlado Valković, Trace Elements in Coal, Bd. 1, Boca Raton 1983.

aus Abfällen und ungenutztem Material geformte Brennmaterial wurde nun ebenfalls in den dortigen Revieren produziert und landesweit verbreitet.[21]

Zur weiteren Diversifizierung der Kohlenutzung gehörten all jene Verwendungsbereiche, in denen Kohle nicht als Brennstoff diente, sie jedoch direkt oder indirekt »Lieferant« von Elementen und stofflichen Verbindungen war, die industriell genutzt wurden. Direkter Lieferant von einer Vielzahl von Stoffen ist die Kohle beispielsweise in der Vergasung, Zerkleinerung und Verflüssigung, Prozesse, bei denen die Rohkohle also weiterverarbeitet oder veredelt wird.[22] Zudem liefert Kohle indirekt (oder sekundär) Stoffe, die ausgebeutet werden können: Anstatt Schlackenabfälle, die nach der Verfeuerung in Hochöfen oder in Dampfmaschinen anfallen, oder Teere nach der Vergasung oder Verkokung auf Halden zu schütten, wie es über viele Jahrzehnte üblich war, konnten sich neue Nutzungsformen entwickeln.[23] Aus dem Steinkohleteer wurden seit den 1850er Jahren Farbstoffe oder, wie das Anilin, ein Grundstoff für Farbstoffe gewonnen. Aus den Schlacken konnten Baustoffe oder wiederaufbereitete Brennstoffe entstehen.[24]

---

21 Marie-Guy Boutier, Sur le nom wallon et français du schiste houiller altéré : une hypothése déonomastique, in : Bulletin de la Commission Royale de Toponymie et Dialectologie 74, 2002, S. 411–450. Eine wichtige Quelle, die diesen Transfer dokumentiert, ist : Jean F. C. Morand, L'art d'exploiter les mines de charbon de terre, Bd. 1,1 : Du charbon de terre et ses mines, Paris 1768, S. 81.

22 Vgl. Paul Rosin/Erich Rammler, Feinheit und Struktur des Kohlenstaubs, in: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 71, 1927, S. 1–7; Friedrich Bergius, Chemical Reactions under High Pressure, *Nobel Lecture, May 21, 1932*, Stockholm 1932, https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/bergius-lecture.pdf [26.4.2023]; W. Renzenbrink u. a., High Temperature Winkler (HTW) Coal Gasification: A Fully Developed Process for Methanol and Electricity Production, hrsg. von der Rheinbraun AG, 1998, https://netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/GTC9808P.pdf [26.4.2023].

23 Vgl. Walther Engel, Die Separation von Feuerungsrückständen und ihre Wirtschaftlichkeit einschließlich der Brikettierung und Schlackensteinherstellung, Berlin 1925; Arthur Guttmann, Schlackensteine und Schlackenpflastersteine in Deutschland, Düsseldorf 1927.

24 Zu Farbstoffen vgl. August Wilhelm Hofmann, Ueber einige neue Verbindungen und Zersetzungsproducte des Anilins, in: Justus Liebigs Annalen der Chemie 57:2, 1846, S. 265–267; Célestin Haraucourt, Les matières colorantes tirées du goudron, in: Manuel général de l'instruction primaire 14:11, 1890, S. 161–165; Michel Laferrère, Les industries chimiques de la région lyonnaise, in: Géocarrefour 27:3, 1952, S. 219–256; Anthony S. Travis, Perkin's Mauve: Ancestor of the Organic Chemical Industry, in: Technology and Culture 31:1, 1990, S. 51–82; Reinhardt, Forschung in der chemischen Industrie; Peter J. T. Morris/Anthony S. Travis, A History of the International Dyestuff Industry, in:

Als eine weitere Stoffgruppe kam die Gasgewinnung hinzu, mit der weltweit die Straßenbeleuchtung in den Großstädten funktionierte, durch die aber auch andere Gase wie Wasserstoff gewonnen wurden.[25] In dieser Verarbeitung entstand eine große und vielfältige Stoffmenge, die durch das sich weiterentwickelnde chemische Wissen und neue Techniken seit Anfang des 19. Jahrhunderts als Rohstoff angesehen wurde und weiter genutzt werden konnte.

Die Diversifizierung der Kohlenutzung seit Mitte des 18. Jahrhunderts ist dadurch in verschiedenen Feldern nachweisbar: Es gibt eine räumliche Diversität, eine Diversität der Kohle nutzenden Techniken, eine diverse Taxonomie von Kohletypen und eine Vervielfältigung der aus Kohle extrahierten Stoffen.

Kohle, Kohlen und die stoffgeschichtliche Perspektivierung

Diversität ist einem Stoff selbst inhärent, womit das Bestreben von Wissenschaft, Eindeutigkeiten herzustellen, vor Herausforderungen gestellt ist.[26] Chemische und geologische Forschungen zeigen seit Jahrhunderten die Vielfältigkeit von Kohle im sich langfristig entwickelnden industriellen Umgang und in der globalen alltäglichen Praxis. Diese chemische Diversität von Kohlen, die auch die Unterscheidung von Braun- und Steinkohlen uneindeutig macht, ist auf die unterschiedliche Inkohlungsprozesse in den jeweiligen Perioden der Erdgeschichte zurückzuführen. Die daraus entstandenen unterschiedlichen Qualitäten von Kohlen führten zu verschiedenen menschlichen Nutzungsarten. Und durch die Aufbereitung der einzelnen Kohletypen wurde angefangen, einen chemisch weitestgehend homogenen Stoff, nämlich Koks,

---

American Dyestuff Reporter 81:11, 1992, S. 59–100 u. 192–195; Constantin Gosselin, Extraction de produits aromatiques des goudrons de houille, in: Techniques de l'ingénieur Procédés industriels de base en chimie et pétrochimie, 2000. Zu Schlacken vgl. Engel, Die Separation von Feuerungsrückständen; E. Flajard, L'emploi du mâchefer dans la construction, in: Le Ciment 2, 1926, S. 63–64.

25 Vgl. William Murdoch, An Account of the Application of the Gas from Coal to Economical Purposes, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 98, 1808, S. 124–132; Wolfgang Schivelbusch, Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert, München/Wien 1983; Anthony N. Stranges, The conversion of coal to petroleum: its German roots, in: Fuel Processing Technology 16:3, 1987, S. 205–225.

26 Vgl. Bruno Latour, Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique, Paris 1997, S. 74–77.

zu erzeugen. In der Aufbereitung der Kohle zeigt sich die enge Verbindung zwischen Wissen über die erdhistorische Entstehung der Kohle und der menschlichen Nutzungsweise. Durch die natürliche Beimengung von Spurenelementen und das Nutzungsverhalten beeinflussenden Stoffen war die Rohkohle recht unrein. Kohle wies schon allein deswegen eine hohe Varianz auf. Die unterschiedlichen erdgeschichtlichen Entstehungsformen führten dazu, dass einige Kohletypen für einige Einsatzarten völlig ungeeignet waren. So konnten sogenannten Fettkohlen nicht für die Erzeugung von Gas oder Anthrazitkohlen nicht zum Betreiben von Dampfmaschinen eingesetzt werden, um nur zwei Beispiele zu nennen. Koks machte aus den unreinen Kohlen und aus ganz unterschiedlichen Kohletypen einen künstlich aufgewerteten Stoff, der eine chemische Homogenität aufwies, der ihn für den Einsatz in den am häufigsten nachgefragten Verwendungsgebieten problemlos befähigte.

Die Nutzung der Kohle als Brennstoff hat jedoch keineswegs eine rein europäische Industriegeschichte. Schon vor dem Einsatz in Europa wurde Kohle in China und Indien zur Eisenschmelze verwendet.[27] Zur globalhistorischen Differenzierung der Stoffgeschichte würde es gehören, auch das Verständnis von Kohle in anderen kulturellen und sprachlichen Kontexten zu untersuchen, um nicht allein in den europäischen oder den durch die europäische koloniale und wirtschaftliche Dominanz geprägten Nutzungskontexten zu verbleiben. In einer global gedachten europäischen Kohlegeschichte zeigt sich nämlich eine räumliche Differenzierung, die die von europäischen Mächten dominierten kolonialen Räume mit neuen Formen von Kohleproduktion und -nutzung umfasst, welche mitunter vorkoloniale Nutzungen überformten. Seit den 1980er Jahren, also nachkolonial, stammt ein weiterhin zunehmender Teil der Weltmarktproduktion von Kohle aus Ländern außerhalb Europas. Kohle wird bei-

---

27 Siehe zu China Robert Hartwell, A Revolution in the Chinese Iron and Coal Industries During the Northern Sung, 960–1126 A.D., in: The Journal of Asian Studies 21:2, 1962, S. 153–162, https://doi.org/10.2307/2050519 [26.4.2023]; Justin Yifu Lin, The Needham Puzzle, the Weber Question, and China's Miracle: Long-term Performance Since the Sung Dynasty, in: China Economic Journal 1:1, 2008, S. 63–95; Donald Wagner, The Administration of the Iron Industry in Eleventh-Century China, in: Journal of the Economic and Social History of the Orient 44:2, 2001, S. 175–197, https://doi.org/10.1163/156852001753731033. Siehe zu Indien Sashi Sivramkrishna, Production Cycles and Decline in Traditional Iron Smelting in the Maidan, Southern India, c. 1750–1950: An Environmental History Perspective, in: Environment and History 15:2, 2009, 163–197; A. B. Ghosh, Coal Industry in India. An Historical and Analytical Account, New Delhi 1977.

spielsweise in China, Indien, Kolumbien oder Südafrika gefördert, verbraucht und für den Export aufbereitet. Die lokalen Kohlevorkommen speisten bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts Kohlemengen in die globale Zirkulation dieses Materials ein und ermöglichten den jeweiligen Kolonialmächten den Aufbau von lokalen Verwendungskomplexen.[28] In diesen kolonialen Abhängigkeiten und der Funktion der Kohle für den kolonialen Machterhalt im 19. und frühen 20. Jahrhundert liegen die Wurzeln der gegenwärtigen nicht europäischen Kohleindustrie.[29] Diese geografische Ausbreitung der Kohleförderung mit ihren Verbindungen in verschiedene, weltweit funktionierende Verwertungssysteme stellte einen weiteren Aspekt der Diversifizierung in der Stoffgeschichte der Kohle dar und verlängerte deren Nutzen für die globale Energiewirtschaft bis in die Gegenwart.

Auf der Suche nach einer diversifizierten Geschichte von Kohle zeigt sich, dass die Frage nach dem Stoffcharakter von Kohle mindestens so alt wie das neuzeitliche chemische Denken ist. Die jeweilige Perspektive auf die Stofflichkeit des fossilen Stoffes ergab sich aus den Verwendungszusammenhängen, in denen eine Kohle analysiert wurde. Denn je nach Branche herrschten erheblich unterschiedliche Ansprüche an das Material, je nachdem, ob es einfach verbrannt wurde, für spezialisierte Schmelzprozesse diente, verkokt oder vergast wurde, oder aber bestimmte chemische Stoffe daraus gewonnen werden sollten. Die Verwendungszusammenhänge sind dabei von den technischen und epistemologischen Kontexten abhängig, was eine doppelte Dimension von zeitlicher und technischer Entwicklung aufzeigt.[30] So ver-

---

28 Vgl. Juliette Allix, Les mines de charbon du Tonkin, in: Annales de Géographie 32:177, 1923, S. 284–286; Thuy Linh Nguyen, Dynamite, Opium, and a Transnational Shadow Economy at Tonkinese Coal Mines, in: Modern Asian Studies 54:6, 2020, S. 1–29, https://doi.org/10.1017/S0026749X18000574; Isabel Rábano, La minería del carbón en Filipinas durante el siglo XIX. La Inspección General de Minas y los informes de Antonio Hernández Espiera (1853) y César Lasaña Vázquez (1861), in: Revista de la Sociedad Geológica de España 32:1, 2019, S. 43–62; Helge Wendt, El conocimiento sobre el carbón y su minería en Filipinas (1840–1869), in: Illes i Imperis 22, 2020, S. 125–145, https://doi.org/10.31009/illesimperis.2020.i22.07.

29 Vgl. Shellen Xiao Wu, Empires of Coal. Fueling China's Entry into the Modern World Order, 1860–1920, Stanford 2015; Andrew Grout, Geology and India, 1770–1851. A Study in the Methods and Motivations of a Colonial Science, London 1995; James A. Secord, King of Siluria: Roderick Murchison and the Imperial Theme in Nineteenth-Century British Geology, in: Victorian Studies 25:4, 1982, S. 413–442.

30 Hans Bruno Geinitz/Hugo Fleck/Ernst Hartig, Vorrede, in: dies. (Hrsg.), Die Steinkohlen Deutschland's und anderer Länder Europa's. Ihre Natur, Lagerungs-Verhältnisse,

langte die hauptsächliche Nutzungsform der Kohle als Brennstoff eine je nach Kohletypus und Einsatzform unterschiedliche Art der Aufbereitung.[31]

Theoretische und methodische Perspektiven auf die Kohlengeschichte

Aus der hier ausgeführten humanhistorischen Perspektive, mit den verschiedenen Nutzungs- und Wiederverwertungsformen, ist Kohle Brennstoff, chemischer Katalysator und ein vielfältig (beispielsweise durch Synthese oder Polymerisation) konvertierbarer Ausgangsstoff, dessen Komponenten u. a. in der chemischen Industrie Verwendung finden.

Theoretische Erwägungen der Geschichte der Stoffe stellen, wie Jens Soentgen schreibt, die stoffliche Neigung in den Vordergrund.[32] Außerdem weist Kohle aus der Perspektive einer »Deep History« alle Kriterien einer Eigengeschichtlichkeit von Stoffen auf,[33] dessen menschliche Nutzungsperiode kaum 0,1 Prozent seiner gesamten Lebensdauer ausmacht. Kohle ist geologisch gesehen eine Ablagerung von Biomasse, die durch Inkohlung, Druck und Beimengung von nicht organischen Materialien vor rund 300 Millionen Jahren zu entstehen begann. Der Beginn der menschlichen Nutzung dieses Stoffes, in vergleichbar kleinen Mengen in China und Indien vor vielleicht 3000 Jahren, in Europa zunehmend seit 1700 und in einem globalen industriellen Ausmaß seit 1900, spielen in dieser langen Stoffgeschichte hauptsächlich deswegen eine Rolle, weil der Bestand von Kohle seitdem erheblich abnimmt und die anthropogene Anreicherung von Kohlenstoff in der Atmosphäre enorm zunimmt. Letztendlich bedeutet die intensive industrielle Nutzung der Kohle eine Art von anthropogener Verringerung geologischer Diversität, wenn über eine Strecke von ca. 1000 Meter Tiefe in einigen Teilen der Welt die dort lagernde Kohle vollständig abgebaut wurde.

Kohle ist ein endlicher Stoff und entsteht – zumindest in den von Menschen überschaubaren Zeiträumen – nicht neu. Sie lässt sich trotz vieler

Verbreitung, Geschichte, Statistik und technische Verwendung, Bd. 2: Geschichte, Statistik und Technik, München 1865, S. v-vi, hier S. v.

31 Vgl. Franck/Knop, Kohleveredlung.

32 Jens Soentgen, Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 14.

33 Martin J. S. Rudwick, Earth's Deep History. How it was Discovered and Why it Matters, Chicago 2014, S. 5.

Bemühungen, effizientere Nutzungsformen zu finden, auch nicht ohne weiteres einsparen, wie seit William Stanley Jevons Werk *The Coal Question* von 1865 regelmäßig neu errechnet wurde.[34] Bernhard Lepsius bezog sich 1913 beispielsweise auf Untersuchungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt, wonach im Deutschen Reich 410 Milliarden Tonnen Steinkohle lagern sollten. Diese Menge teilte sich in drei Typen von Lagerstätten auf; 95 Milliarden Tonnen Lagerkapazitäten waren sicher bekannt, 227 Milliarden Tonnen waren wahrscheinlich und 88 Milliarden möglicherweise vorhanden. Trotz dieser großen Unsicherheit in der geologischen Prognose ging Lepsius davon aus, dass Deutschland bei einer gleichbleibenden Förderungsmenge von 160 Millionen Tonnen 2500 Jahre auf eigene Steinkohlevorräte zurückgreifen könnte – in der nationalen Konkurrenz war dieser Zeitraum beinahe viermal länger als der in England.[35] Nicht nur waren solche Berechnungen falsch, sie gingen auch von einer recht unveränderten wirtschaftlichen und technischen Notwendigkeit der Kohlenutzung aus.

Daraus wird deutlich, dass die menschliche Perspektive auf Kohle von der Frage dominiert wird, was unter bestimmten Bedingungen aus dem »Stoff« Kohle gemacht werden kann. Hat sich zum einen die Erkenntnis durchgesetzt, dass es unterschiedliche Typen von Kohle gibt, die unterschiedliche Elemente in unterschiedlichen Konzentrationen in sich vereinen, so leiten sich daraus zum anderen unterschiedliche Eigenschaften und Nutzungszusammenhänge ab. Denn es gab in den jeweiligen historischen, regionalen und technischen Kontexten unterschiedliche Kohlen (oder unterschiedlich aufgearbeitete Kohle) für die Dampfmaschinen, für das Schmelzen von Metallen, für das Sieden von Salz oder das Bierbrauen – jedoch wurde diese Diversität nicht überall auf dieselbe Weise klassifiziert. Auch die Kohletypen für die Gasgewinnung, Verkokung oder Verflüssigung variierten. Die Beziehung zwischen Abbau, Lagerung und Verwendung wurde durch den wichtigen Punkt der zuerst bergmännischen, dann zunehmend laboratorischen Analyse des »Stoffes« Kohle ergänzt. Jedoch wurde dadurch Kohle nicht nur zu einem Brennstoff in variabler Qualität, sondern auch zu einem Kompositum aus verschiedenen Elemen-

---

34 William Stanley Jevons, The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-Mines, London/Cambridge 1865; siehe auch Thomas Turnbull, Toward histories of saving energy: Erich Walter Zimmermann and the struggle against »one-Sided materialistic determinism«, in: Journal of Energy History 4, 2020, S. 1–21.

35 Lepsius, Deutschlands Chemische Industrie, S. 57 f.

ten und Stoffen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Schwefel, Quarze, Sande, verschiedene Säuren, Eisen usw. wurden in »der Kohle« in unterschiedlichen Mengen festgestellt. Die Verarbeitung bestimmter im Kohlebergbau gewonnener oder in der Kohleaufarbeitung anfallender Restmaterialien zu Briketts oder Eierkohlen weist auf einen weiteren Strang der Diversifizierung der Stoffeinheit hin, weil hier Bewertungskategorien sprachlich, bergmännisch, sozial und wirtschaftlich zu einer Unterscheidung zwischen primär und sekundär nutzbaren Kohlen führten, die in einem eigenen Industriezweig (der Brikettierung) resultierten und darüber hinaus – in der Brennstoffkrisenzeit der 1920er Jahre[36] – die Erzeugung von einem tertiären Brennstoff aus Feuerungsabfällen, der sogenannten Industriekohle, ermöglichten.[37]

Durch die je nach Kohlentyp unterschiedliche Durchmengung und Zusammensetzung zeigt sich deutlich ihre jeweilige Entstehungs- und Lagerungshistorie. Sie zu dechiffrieren und taxonomisch einzuordnen, stellte bereits seit der Frühen Neuzeit eine wichtige Forschungsaufgabe dar, wie der folgende Abschnitt zu den Quellen zeigen wird. Hier tritt die Eigengeschichtlichkeit von Kohle und von bestimmten Kohlevorkommen hervor und dominiert forthin die Nutzungsmuster. Das Wissen über die Zusammensetzung von Kohle konnte direkt die technische Nutzung und damit den wirtschaftlichen Nutzen beeinflussen, womit unterschiedliche technische und wissenschaftliche Fächer an der Bestimmung von Kohlentypen beteiligt waren.

Auch die Forschung über die Langzeitfolgen der Kohlenutzung der letzten 50 Jahre vereint verschiedene Disziplinen. Vor dem Hintergrund der kalorischen Nutzung von Kohle modellieren und analysieren Klimawissenschaftler:innen und Geolog:innenen die erdhistorischen Konjunkturen und die anthropogene Akkumulation von Kohlendioxid.[38] Hier sind die Emissionen das Hauptthema, die außerdem in der Umweltgeschichte und der

---

36 Vgl. Dieter Ziegler, Die »Kohlennot« 1919–1923. Der Versailler Vertrag und der deutsche Steinkohlenbergbau, in: ders./Jan-Otmar Hesse (Hrsg.), 1919 – Der Versailler Vertrag und die deutschen Unternehmen, München/Wien 2022, S. 35–68.

37 Engel, Die Separation von Feuerungsrückständen, S. 63.

38 Vgl. Charles D. Keeling, Industrial Production of Carbon Dioxid from Fossil Fuels and Limestone, in: Tellus 25:2, 1973, S. 174–198; Bert Bolin u. a., The Global Biogeochemical Carbon Cycle, in: Bert Bolin u. a. (Hrsg.), The Global Carbon Cycle, Chichester 1979, S. 1–56; Gregg Marland/Robert J. Andres/Tom Boden, Global, Regional, and National CO2 Emissions, in: Tom Boden u. a. (Hrsg.), Trends ’93: A Compendium of Data on Global Change, Oak Ridge 1994, S. 505–584.

Geschichte der politischen Ökonomie behandelt werden.[39] Wie in der Klimapolitik stehen auch hier die Emissionen von gasförmigen Kohlestoffen (und anderen klimaschädlichen Gasen) im Vordergrund, die sich seit Beginn der Industrialisierung akkumuliert haben.[40] Die durch einen Teil der Menschheit verursachten Grundlagen des Klimawandels begannen zum Teil bereits vor dem festgelegten Beginn des Anthropozäns – das aufgrund der geologischen Daten etwa auf die Mitte des 20. Jahrhunderts bestimmt wird.[41] Dementsprechend zeigen einige Studien, dass eine menschengemachte Kohlenstoffakkumulation in der Atmosphäre schon seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert festgestellt werden kann.[42] So fügt das Wissen über den Stoff anthropozentrisch die »Deep History« der Kohle und die anthropogene Perspektivierung zusammen.

Quellen zur Wissensökonomie der Kohle

Die Entdeckung der Kohle als epistemologisches Objekt fiel in einen Zeitraum, als Wirtschaft, Geologie und Technik ebenfalls zu (zunehmend eigenständigen) Wissensdomänen wurden und einen gemeinsamen, eng aufeinander be-

39 Vgl. Astrid Kander, Economic Growth, Energy Consumption and CO2 Emissions in Sweden (1800–2000), Stockholm 2002; Andreas Malm, Fossil Capital. The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming, London/New York 2016; Claus Leggewie/Franz Mauelshagen, Introduction: Tracing and Replacing Europe's Carbon Culture, in: dies. (Hrsg.), Climate Change and Cultural Transition in Europe, Leiden/Boston 2018, S. 1–22; außerdem: Vaclav Smil, Energy in Nature and Societies. General Energetics of Complex Systems, Cambridge/London 2008.

40 Vgl. Paul J. Crutzen, The »Anthropocene«, in: Journal de Physique IV France 12:10, 2002, S. 1–5, https://doi.org/10.1051/jp4:20020447.

41 Vgl. Robert J. Andres u. a., A synthesis of carbon dioxide emissions from fossil-fuel combustion, in: Biogeosciences 9:5, 2012, S. 1845–1871, https://doi.org/10.5194/bg-9-1845-2012 [26.4.2023]; Erle C. Ellis, Anthropocene. A Very Short Introduction, Oxford 2018; Matt Edgeworth u. a., Diachronous beginnings of the Anthropocene: The lower bounding surface of anthropogenic deposits, in: The Anthropocene Review 2:1, 2015, S. 33–58, https://doi.org/10.1177/2053019614565394; Lissa L. Roberts/Joppe van Driel, The Case of Coal, in: Lissa L. Roberts/Simon Werrett (Hrsg.), Compound Histories. Materials, Governance and Production, 1760–1840, Leiden 2018, S. 57–84, http://www.jstor.org/stable/10.1163/j.ctvbqs5g5.8 [26.4.2023].

42 Vgl. Nigel Clark/Kathryn Yusoff, Geosocial Formations and the Anthropocene, in: Theory, Culture & Society 34:2-3, 2017, S. 3–23.

zogenen Komplex – eine Wissensökonomie bildeten. In der Wissensökonomie,[43] in der Steinkohle als Stoff einen zentralen Platz einnahm, mussten vielfältige Probleme gelöst werden. Dazu gehörten u. a. das Auffinden von Vorkommen, die Abbauarten, die Transporttechniken, die Bestimmung der Kohletypen und die Verwendungsformen.

Der Fundus an schriftlichen Quellen über Kohle ist vielfältig und muss in seinen Veränderungen seit dem 16. Jahrhunderten gesehen werden. Es gibt ein nicht humanes »Archiv« – nämlich die Kohlelagerstätten selbst, soweit sie nicht abgetragen wurden. Alles andere ist kodifiziertes und vermitteltes Wissen, das zumeist an ganz bestimmten Erkenntnisinteressen orientiert ist. Auch hier zeigt sich eine zeitlich bedingte Diversifizierung, und folgende Themen wurden in den Jahrhunderten seit 1500 im Verbund oder in gesonderter Form thematisiert:

Im 16. Jahrhundert behandelten die Bergbauexperten Rülein von Calw oder Georg Agricola Kohle als einen Teil von allgemeinen Betrachtungen zum Bergwerk und zur Metallbearbeitung.[44] Die Gattung der Bergwerksbücher differenzierte sich in den Folgejahrzehnten aus, je nachdem, ob sie an Fürsten gerichtet war, oder sich an eine wissenschaftliche oder technische Leserschaft richtete. Zum einen wurde Kohle als ein Teil in Schriften über den Bergbau behandelt. Hier wurden die Lagerung und Abbaumethoden dargelegt, sodass bereits früh von protogeologischen Versuchen die Rede sein kann. Ein Beispiel hierfür ist Bernard de Palissys Traktat von 1580 über Wasser und verschiedene Erdtypen, unter die er auch die Steinkohle zählt.[45] Zum anderen erwähnte

---

43 Vgl. Jürgen Renn, The Evolution of Knowledge. Rethinking Science for the Anthropocene, Princeton/Oxford 2020; Schmidt/Pissis/Uhlmann, Wissensoikonomien – Einleitung.

44 Ulrich Rülein von Calw, Eyn wolgeordent und nützlich büchlin, wie man Bergwerck suchen unn finden sol. von allerley Metall, mit seinen firguren nach gelegenheyt deß gebirges artlich angezeygt; Mit anhangenden Bercknamen den anfahenden bergleuten vast dienstlich, Worms 1518; ders./Ulrich Ellenbog, Bergwerck und Probir büchlin für die Bergk unnd feurwercker Goldschmid Alchimisten und Künstner. Gilbertus Cardinal vonn Soluiren und scheidungen aller Metal, Polirung allerhand Edelgestein, Fürtreffliche Wasser zum Etzen, Scheyden und Soluiren. Verhütung und Rath für gifftige Dämpffe der Metal, Frankfurt am Main 1535; Georg Agricola, Bermannus, sive de re metallica, Basel 1530; ders., Vom Bergwerck. XII Bücher Darinn alle Empter, Instrument, Gezeuge, vnnd alles zu disem handel gehörig, mitt schönen figuren vorbildet, vnd klärlich beschriben seindt, Basel 1557; ders., De Natura fossilium, Basel 1558.

45 Bernard Palissy, Discours admirables, de la nature des eaux et fonteines, tant naturelles qu'artificielles, des metaux, des sels & salines, des pierres, des terres, du feu

der Jesuit und Universalgelehrte Athanasius Kircher im 17. Jahrhundert Kohle als ein Element, das für Erdbeben und Vulkanausbrüche verantwortlich sein sollte.[46] Diese Annahme findet sich auch in späteren Arbeiten über Geologie und Geodynamik, wie zu Beginn des 18. Jahrhunderts bei dem Naturgelehrten Gaspare Paragallo und noch über hundert Jahre später bei den Geognostikern Henrik Steffens und Alexander von Humboldt.[47]

Die geologische Forschung untersuchte bereits früh die Entstehungsbedingungen von Kohle, wie die Historikerin Nora Thorade jüngst herausgearbeitet hat.[48] Dabei lassen sich für das 18. Jahrhundert einige Schwerpunktregionen definieren. Im deutschen Sprachraum sind das Sachsen und später – nach der Eroberung Schlesiens – Preußen, wobei die Universität Halle (Saale) eine wichtige Rolle spielte.[49] Die Bergbaupraxis in England verband sich

---

& des emaux. Avec plusieurs autres excellens secrets des choses naturelles. Plus un traité de la marne, fort utile & necessaire, pour ceux qui se mellent de l'agriculture. Le tout dressé par dialogues, esquels sont introduits la theorique & la practique. Par M. Bernard Palissy, inventeur des rustiques figulines du Roy, & de la Royne sa mere. A treshaut, et trespuissant sieur le sire Anthoine de Ponts, chevalier des ordres du Roy, capitaine des cents gentils-hommes, & conseiller tresfidele de Sa Majesté., hrsg. von Antoine de Ponts/Martin Le Jeune, Paris 1580.

46 Athanasius Kircher, Mundus subterraneus in XII libros digestus, Amstelodami 1665, S. 190.

47 Gaspare Paragallo, Istoria naturale del monte Vesuvio, Napoli 1705; Henrik Steffens, Geognostisch-geologische Aufsätze, als Vorbereitung zu einer innern Naturgeschichte der Erde, Hamburg 1810; Alexander von Humboldt, A Geognostical Essay on the Superposition of Rocks, in Both Hemispheres, London 1823.

48 Vgl. Thorade, Das Schwarze Gold.

49 Vgl. Gottlieb Friedrich Mylius, Memorabilium Saxoniae Subterraneae, Teil 1, Leipzig 1709; Johann Friedrich Henckel, Pyritologia, Oder. Kieß Historie als des vornehmsten Minerals, nach dessen Namen, Arten, Lagerstätten, Ursprung, Eisen, Kupffer, unmetallischer Erde, Schwefel, Arsenic, Silber, Gold, einfachen Theilgen, Vitriol und Schmeltz-Nutzung, Leipzig 1725; Johann Gottlob Krüger, Gedancken von den Stein-Kohlen, Halle 1741; Carl Friedrich Zimmermann, Nachricht von Stein-Kohlen, besonders im Churfürstenthum Sachsen, in: Leipziger Sammlungen von allerhand zum land-und stadtwirthschafftlichen Policey-, Finanz-und Cammer-Wesen dienlichen Nachrichten, Anmerckungen, Begebenheiten, Versuchen, Vorschlägen, neuen und alten Anstalten, Erfindungen, Vortheilen, Fehlern, Künsten, Wissenschaften und Schriften wie auch von denen so nützlichen Wissenschaften und Uebungen 2, 1745, S. 299–324; Paul Jacob Marperger, Schlesischer Kauffmann; oder, Ausführliche Beschreibung der schlesischen Commercien und deren jetzigen Zustandes, Breslau 1714; Georg Anton Volkmann, Silesia subterranea, oder Schlesien, mit seinen unterirrdischen Schätzen, Seltsamheiten, welche dieses Land mit andern gemein, oder zuvoraus hat, als Edelen, und Unedelen,

ebenfalls im ersten Drittel des 18. Jahrhunderts mit einem wissenschaftlichen geologischen Anspruch, was an den Publikationen von John Strachey und John Woodward zu erkennen ist.[50] Im französischen Sprachraum scheint die wissenschaftliche Behandlung des Themas Steinkohle aus geologischer Perspektive später im 18. Jahrhundert einzusetzen und drei Erkenntnisziele zu verfolgen: erstens der Versuch einer staatlichen Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik, zweitens eine Verbesserung der Bergbaupraxis dies- und jenseits der eigenen Landesgrenzen und drittens der Wunsch, im europäischen Austausch als Produzent oder Broker von grundlegendem Wissen wahrgenommen zu werden.[51] Setzte diese Forschung im Vergleich erst spät ein, so zeigt ihre Systematik bereits die Spezialisierungstendenzen im Feld der Geologie auf, die in England mit den Publikationen von John Hill und Emanuel Mendes da Costa, in Schweden von Mårten Triewald und in Sachsen von Johann Gottlob Lehmann ebenfalls um die Mitte des 18. Jahrhunderts Kohle

---

ohne und mit Figuren sich praesentierenden und seltsam gebildeten Steinen, auch ehemahls theils durch die allgemeinen, theisl Particular-Fluthen hieher verschwemmten, und durch die Versteinerung Krafft in und ausser den Steinen in Stein verwandelten Holtz, Kräuter und Blumen, Früchten, Erd- und Wasser-Thieren, ingleichen Metallen, Mineralien, unterschiedlichen Arten, sow oahl in der Medicin als Mechanic dienlicher Erde, Sauer-Heil- und Gesund-Brunnen und Bädern, Nebst vielen Abbildungen und Kupffern, Leipzig 1720.

50 John Strachey, An Account of the Strata in Coal-Mines, in: Philosophical Transactions 33:391, 1725, S. 395–398; ders., Observations on the Different Strata of Earths, and Minerals. More Particularly of such as are found in the Coal-Mines of Great Britain, London 1727; John Woodward, An Essay towards a Natural History of the Earth, and Terrestrial Bodies, 3. Aufl., London 1723 (1695); ders., A Catalogue of the Additional English Native Fossils, Bd. 1, London 1728; ders., An Attempt Towards a Natural History of the Fossils of England, Bd. 1, London 1729.

51 Vgl. Abbé Nollet, Leçons de physique expérimentale, 6 Bde., Bd. 1, Paris 1745; Georges-Louis Leclerc de Buffon, Histoire naturelle générale et particulière., Bd. 1, Paris 1749; Christoph Andreas Schlüter/Jean Hellot, De la Fonte des Mines, des Fonderies, &c Tome premier, qui traite des essais des mines & metaux, de l'affinage & raffinage de l'argent, du depart de l'or, &c., Paris 1750; Jean F. C. Morand, Du Charbon de terre et de ses mines, o. O. 1768; Gabriel Jars, De préparer le Charbon minéral, autrement appellé Houille, pour le substituer au Charbon de bois dans les travaux métallurgiques, mise en usage dans les mines de Saint-Bel, in: Introduction aux observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts 1, 1771, S. 425–433.

als ein besonderes für die Bestimmung von Erdzeitaltern und Gesteinsarten wichtiges Material definierten.[52]

Mit Beginn des 19. Jahrhunderts wurde aus der europäisch vergleichenden geologischen Forschung eine zunehmend global komparative Geologie. Daten aus den Amerikas und aus Indien, später auch aus China, Australien und den südostasiatischen Archipelen sowie schließlich aus Afrika stellten eine reiche Quellengrundlage dar, die Forscher der damaligen Zeit auswerteten, um globale Gesamtdarstellungen geologischer Zusammenhänge auszuarbeiten.[53] Erst jetzt konnte das ganze Alter der Kohle wirklich erfasst werden und die Kohlevorkommen dienten weltweit als Hinweisgeber auf erdgeschichtliche Verläufe und Zusammenhänge.[54] Die stoffliche Forschung spielte ebenfalls eine Rolle, denn sie ergänzte die geologische Forschung, ohne jedoch in jedem Fall gesicherte Erkenntnisse liefern zu können. In der Geologie und in der Bergbaupraxis wurden gleichermaßen Karten ein visuell und informativ

---

52 John Hill, A General Natural History: Or, New and Accurate Descriptions of the Animals, Vegetables, and Minerals, of Different Parts of the World, London 1748; Emanuel Mendes da Costa, A Natural History of Fossils, Bd. 1, London 1757; Mårten Triewald, Théorie complette de tout ce qui regarde le Charbon de terre, in: Journal oeconomique, May 1752, S. 66–96; ders., Suite de la Théorie du Charbon de terre, in: Journal oeconomique, July 1755, S. 139–144; Johann Gottlob Lehmann, Versuch einer Geschichte von Flötz-Gebürgen, betreffend deren Entstehung, Lage, darinne befindliche Metallen, Mineralien und Fosilien, größtentheils aus eigenen Wahrnehmungen, chymischen und physicalischen Versuchen, und aus denen Grundsätzen der Natur-Lehre hergleitet, Berlin 1756.

53 Vgl. (in geografischer Ordnung): Humboldt, A Geognostical Essay; John McClelland, Report of a Committee for the Investigation of the Coal and Mineral Resources of India, Kolkata 1846; Thomas Oldham, Memoirs of the Geological Survey of India, Bd. 1, Kolkata 1859; Ferdinand Freiherr von Richthofen, Das nördliche China: Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien, 2. Bd., Berlin 1882, http://resolver.staatsbibliothek-berlin.de/SBB0000451000020000 [26.4.2023]; Isidro Sainz de Baranda, Constitución geognóstica de las Islas Filipinas, in: Anales de Minas 2, 1841, S. 197–212; Sinibaldo de Mas, Minerales, in: Informe sobre el estado de las Islas Filipinas en 1842, Bd. 1, Madrid 1842, S. 1–15; William Keene, On the Coal-Measures of New South Wales, with *Spirifer, Glossopteris, and Lepidodendron*, in: Quarterly Journal of the Geological Society 21:1-2, 1865, S. 137–141, hier S. 137; Ferdinand von Hochstetter, Reise Der Österreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorf-Urbair, Bd. 4: Geologischer Theil, Bd. 2,1: Geologische Beobachtungen, Wien 1866; Eduard Sueß, Die Entstehung der Alpen, Wien 1875.

54 Vgl. Sueß, Die Entstehung der Alpen.

überzeugender Wissensträger, der die Erforschung über die Entwicklung des Wissens der Geografie, der Stratigrafie, Hydrologie oder Infrastruktur häufig mit mathematisch-geometrischen Methoden darstellte.

Waren die unterschiedlichen geologischen Studien ein Zweig einer der Naturgeschichte verbundenen Wissenstradition, diversifizierte sich auch die praktische Bergbauliteratur. Besonders in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, als der Kohlebergbau europaweit expandierte und dank des Einsatzes neuer Dampfmaschinen tiefere Schächte getrieben werden konnten, erhielten die Themen des Baus und Abbaus, die Sicherheit und der Gesundheitsschutz durch bauliche Maßnahmen eine neue Aufmerksamkeit. Die Dampfmaschinen entwässerten nun nicht allein die Stollen, sondern sorgten als Windmaschinen auch für eine verminderte Wettergefahr und damit für eine höhere Arbeitssicherheit. Von Jean François Morand – dem französischen Arzt und Steinkohleexperten in den 1770er Jahren – über Alexander von Humboldt und dem britischen Dichter und Metallurgieexperten John Holland bis hin zu gegenwärtigen Publikationen über Extraktionstechnologien ist die Bergtechnik ein in den Quellen eigenständig behandeltes Thema.[55]

Einen weiteren Wissensbereich bilden die Abhandlungen zur Mineralogie und Petrologie, in denen Kohle bis ins 19. Jahrhundert als ein vielgestaltiger Stoff behandelt wird. Hier ist eine enge Verbindung zwischen Mineralogie, Petrologie und Chemie deutlich erkennbar, da häufig die Isolierung von Einzelstoffen zu einer Bestimmung von solch komplexen und wechselhaften Komposita wie Braun- oder Steinkohle und ihren verwandten Stoffen führte. Der Arzt und Naturgelehrte Severin Göbel legte Mitte des 16. Jahrhunderts verschiedene spezialisierte Studien zum Bernstein und zu verwandten Stoffen vor. Kohle war hierin auch ein Thema, weil sie bei chemischen Versuchen ähnliche Ergebnisse zeigte wie Bernstein. Göbels Taxonomie setzte Bernstein und Kohle in eine enge Beziehung zueinander, wie auch andere Arbeiten, die bis ins 18. Jahrhundert hinein erschienen.[56] Beschäftigte sich demnach ein Teil der

55 Morand, Du charbon de terre et ses mines; Alexander von Humboldt, Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern. Ein Beytrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde, Braunschweig 1799; John Holland, The History and Description of Fossil Fuels, the Collieries, and Coal Trade of Great Britain, London 1835; Manuel Bustillo Revuelta, Mineral Resources. From Exploration to Sustainability Assessment, Cham 2018.

56 Severin Göbel, De Svccino Libro dvo, in: De omni rerum fossilium genere, gemmis, lapidibus metallis, et huiusmodi, hrsg. von Conrad Gessner, Tiguri 1565, S. 26v–27. https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN674635698&vie

Forschung mit der Taxonomie der Kohle und der ihr verwandten Stoffe, zeigt sich jedoch auch, dass die Disziplin der Mineralogie immer häufiger mineralische Kohle aus ihren Betrachtungen und Analysen ausschloss. Dies wurde einerseits in der Anlage mineralogischer Sammlungen sichtbar, die häufig über keine spezialisierten Sammlungsbestände zu Kohle verfügten. Andererseits wurde Kohle in den Schriftquellen noch mit aufgeführt, beispielsweise beim Mineralogen Johann Friedrich Henckel und seinen Kollegen in Halle.[57] Auch Johann Gottschalk Wallerius behandelte den Brennstoff in seinem Buch *Mineralogie oder Mineralreich* von 1763.[58] Um die Jahrhundertwende 1800 nahmen Richard Kirwan, Johann Carl Freiesleben und Carl Caesar von Leonhard Kohle in ihre Systematiken mit auf.[59] Der preußische Mineraloge Dietrich Ludwig Karsten hingegen berücksichtigte dieses organische Sediment in seinen *Mineralogischen Tabellen* (1800, neu 1808) nicht.[60] Aber eben dieses Werk fand eine weltweite Verbreitung, beispielsweise wurde es von Andrés del Río in Mexiko ins Spanische übersetzt und diente an der dortigen Bergbauschule als Lehrbuch.[61] Der Mineraloge und Geologe James Dwight Dana und seine Co-Autoren behandelten Kohle (und Erdöl) zwar als bergmännisch zu gewinnende und geologisch lagernde Stoffe, zählten diese aber nicht zu den eigentlichen Mineralien, wie sie in ihrem grundlegenden Werk *The System of Mineralogy* schrieben.[62] In den seit 1940 auf Deutsch und später auf Englisch immer wie-

---

w=overview-tiles#!; siehe auch Zimmermann, Nachricht von Stein-Kohlen; Hill, A General Natural History; Lehmann, Versuch einer Geschichte von Flötz-Gebürgen; C. C. Leonhard/J. H. Kopp/C. L. Gaertner, Einleitung und Vorbereitung der Mineralogie als erster Theil der systematisch-tabellarischen Uebersicht und Charakteristik der Mineralkoerper. Propaedeutik der Mineralogie, Frankfurt am Main 1817.

57 Henckel, Pyritologia.

58 Johan Gottschalk Wallerius, Mineralogie oder Mineralreich, hrsg. von Johann Daniel Denso, Berlin 1763.

59 Richard Kirwan, Anfangsgründe der Mineralogie, 2. Aufl., Bd. 3, Berlin/Stettin 1799; Johann Carl Freiesleben, Beyträge zur mineralogischen Kenntniß von Sachsen, Bd. 1, Freiberg 1817; Leonhard/Kopp/Gaertner, Einleitung und Vorbereitung der Mineralogie.

60 Dietrich Ludwig Gustav Karsten, Mineralogische Tabellen: mit Rücksicht auf die neuesten Entdekkungen ausgearbeitet und mit erläuternden Anmerkungen versehen, Berlin 1808.

61 Andrés Manuel del Río, Tablas mineralogicas dispuestas segun los descubrimientos mas recientes é ilustradas con notas por D. L. G. Karsten, Mexico 1804.

62 James Dwight Dana/Edward Salisbury Dana, The System of Mineralogy, 6. Aufl., New York 1911, S. 996.

der neu aufgelegten und erweiterten *Mineralogischen Tabellen* von Hugo Strunz fehlte Kohle konsequenterweise.[63]

Die Typenunterscheidung wird zumeist durch die Petrografie durchgeführt.[64] Die Auswirkungen der anthropogenen Kohlenutzung wird hingegen in der Unterdisziplin »Umwelt-Mineralogie« thematisiert, wenn sich die Flugasche von Kohlefeuern geologisch nachweisen lässt.[65] Mikroskopaufnahmen von unterschiedlichen Kohletypen oder von Koks finden sich in einigen spezialisierten Publikationen über die Kohleindustrie, um die Strukturen des Materials in unterschiedlichen Zuständen zu verdeutlichen.[66]

Als weitere, seit der Frühen Neuzeit die Ausdifferenzierung verdeutlichende Quellengruppe behandelte die Metallurgie die Verwertungsmöglichkeiten von Kohle sowie von Stoffen, die aus Kohle gewonnen wurden (und werden). Selbstverständlich wurde Kohle in diesen Abhandlungen nicht als ein Metall behandelt, sondern als Teil der Verhüttungstechniken besprochen. Von Georg Agricola bis zu Ludwig Becks *Geschichte des Eisens*, also vom 16. bis zum späten 19. Jahrhundert, wird der Einsatz von Kohle und Koks für die Eisen- und Stahlerzeugung thematisiert. Allerdings diversifiziert sich das Bild beim Lesen der Beiträge erheblich, denn auch hier wurden verschiedene Kohletypen diskutiert und die Vermischungsverhältnisse ausgiebig erörtert. Der Hochofenbau spielte eine Rolle, ebenso wurden die vielen Abfallstoffe immer häufiger erwähnt: vom Gas bis zu den Feststoffen, die in verschiedenen Nutzungsformen anfielen.[67] Hier differenzierte sich das Stoffwissen in Verbindung mit den Verwendungs- und Einsatzkontexten von Kohlen und Kohlederivaten enorm aus. Obwohl dieser Aspekt noch nicht ausreichend erforscht ist, lässt sich vermuten, dass aufgrund der globalen Zunahme von Orten der Kohleförderung und von industriellen Einsatzmöglichkeiten im späten 19. und besonders zu Beginn des 20. Jahrhundert viele neue Entwicklung der Stoffnutzung von In-

---

63 Hugo Strunz, Mineralogische Tabellen, Leipzig 1941; Hugo Strunz/Ernest H. Nickel, Strunz Mineralogical Tables: Chemical Structural Mineral Classification System, 9. Aufl., Stuttgart 2001.

64 Vgl. Franck/Knop, Kohleveredlung, S. 13 f.; Florian Neukirchen/Gunnar Ries, Fossile Energie, in: dies. (Hrsg.), Die Welt der Rohstoffe: Lagerstätten, Förderung und wirtschaftliche Aspekte, Berlin/Heidelberg 2016, S. 277–316.

65 Vgl. Daniel J. Vaughan/R. A. Wogelius, Environmental Mineralogy II, London 2013.

66 Franck/Knop, Kohleveredlung, S. 14.

67 Agricola, Bermannus; Ludwig Beck, Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung, Bd. 3: Das XVIII. Jahrhundert, Braunschweig 1897.

genieuren geleistet wurden.[68] Das Leuchtgas und der Steinkohleteer waren zwei Abfallprodukte, die bei der Verwertung von Kohle anfielen und über viele Jahrzehnte die stoffliche Grundlage von verschiedenen Wirtschaftszweigen bildeten.[69] In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts stellten Industrieingenieure, Unternehmen und Publizisten diese Nutzungsformen in sogenannten Kohlebäumen dar. Diese Darstellungen bilden eine visuelle Quelle für die Erforschung der Zusammenhänge von Stoffen und der Besonderheiten industrieller chemischer Verfahren. Sie zeigen die starke Diversifizierung auf, die Kohle mit der synthetischen Chemie erlebte.[70]

Die Behandlung von kohlestoffhaltigen Abfällen, darunter eben die Kohle selbst, ist auch heute eine grundlegende Frage für die weitere Entwicklung des globalen Kohlestoffkreislaufes und weist außerdem verschiedene anlagentechnische und produktionssystemische Verbindungen mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts auf.[71]

Kohlewissen als transversale Perspektive

Die skizzierte Quellenvielfalt führt auf eine transversale Perspektive hin, in der das Objekt »Kohle« aus einer einseitigen Betrachtung als Brennstoff herausgelöst wird und sich die Vielfältigkeit der Nutzungszusammenhänge manifestiert. Die sich in der Moderne entwickelnde diverse Verwendung von

---

68 Vgl. Steffen Krzack/Heiner Gutte/Bernd Meyer, Stoffliche Nutzung von Braunkohle, Berlin 2018.

69 Vgl. Murdoch, An Account of the Application; John Griffiths, The Third Man. The Life and Times of William Murdoch (1754–1839). The Inventor of Gas Lighting, London 1992; Morris/Travis, A History of the International Dyestuff Industry; Adolf Spilker, Kokerei und Teerprodukte der Steinkohle, Halle 1923.

70 Helge Wendt, Kohlebäume: Darstellungen von Industrie und Wissenschaft in politischen Dimensionen (1900–1945), in: Themenportal Europäische Geschichte, 2023, https://www.europa.clio-online.de/essay/id/fdae-117896.

71 Vgl. Mikael Höök u. a., Hydrocarbon Liquefaction: Viability as a Peak Oil Mitigation Strategy, in: Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences 372:2006, 2014, https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0319 [26.4.2023]; Bernd Meyer u. a., Ein Konzept für die Kohlenstoffkreislaufwirtschaft Sektorkopplung zwischen Energie, Chemie & Abfall, in: Chemie, Ingenieur Technik 90:1-2, 2018, S. 241–248; Roh Pin Lee u. a., Sustainable Waste Management for Zero Waste Cities in China: Potential, Challenges and Opportunities, in: Clean Energy 4:3, 2020, S. 169–201, https://doi.org/10.1093/ce/zkaa013 [26.4.2023].

Kohle ist dabei mit unterschiedlichen Formen des Wissens verbunden. Es gibt wissenschaftlich kodiertes Wissen, das sich auf die Verwendungsarten des Brennstoffes auswirken kann; außerdem gibt es viele aus der Praxis gewonnene Wissenserkenntnisse, die – häufig erst zeitverzögert – schriftlich niedergelegt werden. Beide Wissensformen finden sich in allen Bereichen wieder, die sich mit Kohle auseinandersetzen. Das sind: Auffindung und Erschließung von Kohlelagerstätten, Abbau und Förderung, Aufbereitung und Veredlung von Kohle, Taxonomien, Bestimmung von Einsatzgebieten und Art des spezifischen Einsatzes.

Diese Bereiche der Wissensoikonomie der Kohle bilden in erster Linie gesellschaftlich eine sehr europäische Auseinandersetzung mit den eigenen energetischen Grundlagen und ihren Grenzen, die mit der kolonialen Expansion europäischer Staaten auch in andere Weltteile verbreitet wurde.[72] Bei der Umstellung auf den fossilen Brennstoff Kohle und der Versorgung der europäischen Staaten mit dem außerhalb von Europa ausgebeuteten Rohstoff handelt es sich um zeitgleiche, aber unabhängig voneinander ablaufende Prozesse, die um die Jahrhundertwende 1800 begannen und zusammenwirkten. Von da an wurden Kohlevorkommen in Australien, Indien, den Amerikas, in der zweiten Jahrhunderthälfte außerdem in vielen Teilen Asiens und Afrikas, gefördert, was zur Etablierung und Vertiefung von kolonialen Herrschaftsstrukturen beitrug.[73] Die Beziehung von Kohle und Kolonialismus stellt damit eine der transversalen Perspektiven dar, die zugleich die räumliche und taxonomische Diversifizierung der Wissensökonomie Kohle belegt.[74]

Die verschiedenen Bereiche der Wissensökonomie Kohle definierten dabei unterschiedliche Wissensformen, die eng miteinander verbunden waren. So wurde früh angenommen, dass zwischen der Lagerung und der Qualität von Kohle eine Verbindung bestehe. Die qualitative Einschätzung wiederum konnte durch technische Entwicklungen und Veredlungsmethoden beeinflusst werden, womit sich auch die Art der Verwendung ändern konnte. Das diversifizierte Kohlewissen verlangte nach jeweiligen Experten für diese Bereiche. Durch die technische Entwicklung entstanden beispielsweise Kohlekoks oder Leuchtgas und die Extraktion von Elementen erleichterte die Gewinnung von Stoffen wie Schwefel, Phosphat oder Natrium, die Gewinnung von Ölen (wie Tuluol oder Benzol) und anderen aromatischen Verbindungen primär aus der

---

72 Osterhammel, Die Verwandlung der Welt, S. 935–951. Wendt, Kohlezeit, S. 350–353.

73 Vgl. Barak, Powering Empire; Wendt, Kohlezeit; Wu, Empires of Coal.

74 Wendt, Kohlezeit, bes. Kapitel 4.

Kohle oder sekundär aus den Abfallstoffen (wie Schlacke und Feuerungsrückständen).[75] Die Verwendung des Anilins, die angesichts seiner globalen industriellen Bedeutung keine national deutsche Geschichte ist, mag das bekannteste Beispiel eines sekundär aus Kohle gewonnen Stoffes sein.[76]

Eine besondere Aufmerksamkeit wurde auch einzelnen Elementen geschenkt, wie dem Kohlenstoff, Stickstoff oder Wasserstoff. Dabei entwickelten sich Wissen und Technologien bereichsübergreifend. Aus dem Bergbau gelangte Wissen in die chemische Forschung, in die Produktionswirtschaft und die Geologie. Die Forschung in den unterschiedlichen Bereichen beeinflusste den Bergbau, um beispielsweise Methoden, Auffahrung und Grubenausbau, Bewetterung oder die Nutzung von Abraum und Tailings zu verbessern.[77] Ein Chemiker wie Antoine Lavoisier suchte in den 1770er Jahren Kohlebergwerke auf, um dort das Verhältnis von Kohlen-, Wasser- und Stickstoff besser studieren zu können.[78] Im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts führte der Chemiker Carl Karsten ein Forschungsprojekt durch, das 1826 in einer Publikation über die Untersuchungen über die kohligen Substanzen mündete und in dem genau dieser Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen sozio-epistemischen Bereichen erfolgte.[79]

Im Anschluss wurde Kohlenstoff gesondert erforscht. Hierbei stellten sich ältere Annahmen als durchaus richtig heraus. So vertraten die meisten Taxonomien vom 16. bis zum Ende des 18. Jahrhunderts eine enge Verwandtschaft zwischen Kohle und Bernstein. Diese Erkenntnis gewannen die verschiedenen

---

75 Vgl. Theodor Oppler, Handbuch der Fabrikation mineralischer Oele aus Steinkohlen, Braunkohlen, Holz, Torf, Petroleum und anderen bituminösen Substanzen, so wie der Gewinnung von künstlichen Farbstoffen des Anilins und verwandter Producte des Steinkohlentheers, Berlin 1862.

76 Vgl. Hans Hartmann, Weltmacht Kohle, Stuttgart 1940; Morris/Travis, A History of the International Dyestuff Industry; Engel, Coloring the World.

77 Julius Dannenberg/Werner Adolf Frantz, Bergmännisches Wörterbuch. Verzeichniß und Erklärung der bei Bergbau, Salinenbetrieb und Aufbereitung vorkommenden technischen Ausdrücke, Leipzig 1882, S. v-vi.

78 Antoine Laurent de Lavoisier/Jean-Étienne Guettard, Description de deux mines de charbon de terre, Situées au pied des montagnes de Voyes, l'une en France-Comté, l'autre en Alsace, avec quelques expériences sur le charbon qu'on en tire, in: Histoire de l'Académie royale des sciences […] avec les mémoires de mathématique, de physique […], 1778, S. 435–441.

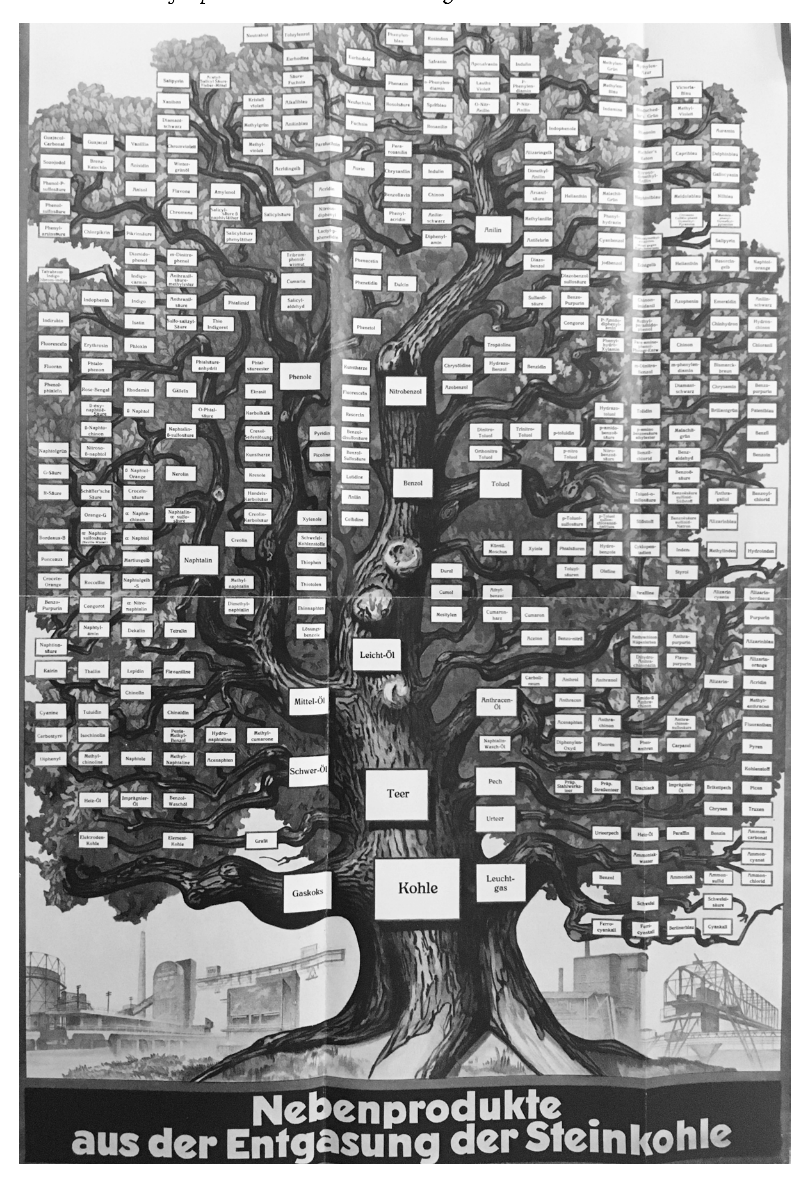
79 C. J. B. Karsten, Untersuchungen über die kohligen Substanzen des Mineralreichs überhaupt, und über die Zusammensetzung der in der Preußischen Monarchie vorkommenden Steinkohlen insbesondere, Berlin 1826, S. 47.

Forscher aus der Isolierung derselben öligen Substanzen aus beiden Stoffen. Ohne dies im Detail benennen zu können, erkannten sie den Kohlestoffgehalt und damit den organischen Ursprung, den Kohle und Bernstein gemein haben. Allerdings konnten sie weder diese Gemeinsamkeit noch die chemischen Eigenschaften genauer definieren. Jedoch bildeten die Lebenswege des Kohlenstoffs einen Teil der Erkenntnisgewinne der neueren Chemie im 19. Jahrhundert.[80]

Eine visuelle Darstellungsform der Lebenswege von Kohlenstoff und von Stoffen, die auf Rohkohle zurückgingen, waren die bereits erwähnten sogenannten Kohlebäume (s. Abb.). Durch sie wurde der weit verzweigten Entwicklungsstand der Kohle- und Kohlabfallnutzungen in der organischen Chemie Mitte des 20. Jahrhunderts dargestellt. Aus Kohle synthetisierte Stoffe wurden in der Pharmachemie eingesetzt oder entwickelt und beispielsweise als Fieber senkende oder antiseptische Mittel eingesetzt. Dass diese Stoffe aus Kohle oder Kohleabfallprodukten (wie Steinkohleteer oder Schlacke) gewonnen wurden, spielte in der Selbstdarstellung dieser Industrie nur eine geringe Rolle. In den Lehrbüchern der organischen Chemie wird auf diese Ursprünge jedenfalls meistens kein Bezug genommen. In diesen stehen stattdessen Summenformeln, Verwendungsmöglichkeiten und Einsatzfelder im Vordergrund.

80 Vgl. Bensaude Vincent/Loeve, Carbone; Dag Olav Hessen, The Many Lives of Carbon, London 2017.

Abb.: Der Kohlebaum stellt schematisch die Gewinnung von chemischen Produkten aus der Kohle und Abfallprodukten der Kohlenutzung dar.



Hans Hartmann, Weltmacht Kohle, Stuttgart 1940, o.S.

Die transversale Betrachtung von Kohle erhöht nun die Aufmerksamkeit gegenüber historischen Entwicklungen der Pfadabhängigkeiten, der Standorte der Produktion, dem Auffinden von Ersatzstoffen und dem Auslaufen bestimmter Verwendungsarten. Wurden Textilkunststoffe in der Polymerchemie in den 1930er bis 1960er Jahren noch mit aus Kohle gewonnenen Stoffen erzeugt, so ersetzte mit dem globalen Aufschwung der Erdölchemie dieser flüssige den festen Fossilstoff. Zusammen mit dem Verschwinden der Dampfmaschinen und dem teilweisen Abbau der Hochöfen musste auch die chemische Industrie in weiten Teilen Europas seit den 1960er Jahren die eigene Herstellung oder den Bezug von Produktionsstoffen auf Basis von Petroleum umstellen.[81] In der Chemieindustrie in China waren hingegen noch bis vor zehn Jahren (neuere Daten fehlen) 60 Prozent der verwendeten Stoffe Nebenprodukte der Kohle.[82]

Die transversale Perspektive auf Kohlewissen zeigt, dass die Diversifizierung der von Kohle abstammenden Produkte noch weiterreicht: Paraffine – die für Farbenherstellung, Lebensmittel- und Arzneiindustrie wichtig sind –, Teerfarben, Asphalte, Dachpappen, feste Kunststoffe (wie Bakelit) sind nur einige Beispiele, durch die das Zusammenspiel der verschiedenen Industriebranchen deutlich wird. Einige Industriezweige erzeugen – teilweise als Abfall – in anderen Produktionszusammenhängen verwendete Kohlederivate und Nebenprodukte. Fielen beispielsweise bei der Vergasung von Kohle in den städtischen Anlagen große Mengen von Steinkohleteer an, so konnte dieser von Fabriken der BASF oder AGFA für die Isolierung von Anilin abgenommen werden. Linde nutzte denselben Abfall zur Herstellung von Wasserstoff und die Rütgerswerke produzierten daraus den Hartkunststoff Bakelit.[83]

---

81 Werner Abelshauser, BASF Since Its Refounding in 1952, in: ders. u. a. (Hrsg.), German Industry and Global Enterprise. BASF: The History of a Company, Cambridge u. a. 2004, S. 362–620, hier S. 438 f.

82 Vgl. Rahib Hussain u. a., Trace Elements Concentration and Distributions in Coal and Coal Mining Wastes and their Environmental and Health Impacts in Shaanxi, China, in: Environmental Science and Pollution Research 25:20, 2018, S. 19566–19584.

83 Vgl. Spilker, Kokerei und Teerprodukte; Hartmann, Weltmacht Kohle; John J. Beer, Die Teerfarbenindustrie und die Anfänge des industriellen Forschungslaboratoriums, in: Karin Hausen/Reinhard Rürup (Hrsg.), Moderne Technikgeschichte, Köln 1975, S. 106–118; Schivelbusch, Lichtblicke; Manfred Gill/Heinz Mustroph, Vom Blutlaugensalz zur größten europäischen Filmfabrik, in: Chemie in unserer Zeit 48:6, 2014, S. 424–438.

Fazit

Von der frühen Moderne bis zur Zeitgeschichte bewegt sich der Stoff Kohle an den Schnittstellen verschiedener Wissensformen, zwischen Theorie und Praxis und zwischen unterschiedlichen Nutzungskontexten. Menschen aktivierten die in der Kohle erhaltenen Elemente auf unterschiedliche Weise und nutzten die ganze Kohle (als Brennstoff) oder Teile der Kohle und ihre Abfälle. So diffundierten Kohlenstoffe, Wasserstoff und Stickstoff in die verschiedenen Lebensbereiche der Menschen. Außerdem reicherten sie sich als Abgase in der Atmosphäre an und sind ein langzeitiger Faktor des anthropogenen Klimawandels. In dieser Langzeitbetrachtung wird deutlich, wie aus Kohle – ein durchaus bekannter, aber über Jahrhunderte kaum genutzter Stoff – ein in ganz unterschiedliche Lebens-, Arbeits- und Wissensbereiche diffundierender Stoff wurde. Erst mit dem sich vertiefenden und spezialisierenden Wissen, mit ökonomischer Potenz und in einem stabilen institutionellen Rahmen entwickelten sich, zunächst regional begrenzt, neue Formen der Produktion und damit die Wissensökonomie der Kohle. Gleichzeitig führte dieses technische und stoffliche Wissen seit den 1920er Jahren in einen Prozess der Loslösung von Kohle als dominierenden Grundstoff.

Wie bereits der junge französische Wirtschaftswissenschaftler Jovan Milenkovic 1936 in seiner Doktorarbeit vermerkte, war mit der Ausbeutung der nützlichen Bestandteile der Kohle eine Zeitenwende eingetreten: Kohle war nun nicht mehr nur der grundlegende Brennstoff, der die Maschinen der Welt bewegte, sondern ein wichtiger Rohstofflieferant.[84] Dies hatte zur Folge, dass die vielfältigen chemischen und mechanischen Verfahren zur Gewinnung der einzelnen Bestandteile der Kohle ebenfalls im Bereich der Erdölchemie eingesetzt werden konnten. Die partielle Ablösung der Kohle durch Erdöl hatte demnach auch eine chemisch-industrielle Dimension, bevor dann der Globalisierungsschub nach der Ölkrise der 1970er Jahre Kohle in Europa zu einem zunehmend sekundären Rohstoff machte, gleichzeitig aber die Prospektion und Förderung in den Amerikas, in China und im südlichen Afrika beschleunigte. Damit diversifizierte sich die Gewinnung von Kohle als Brennstoff und Kohle als chemischer Grundstoff in den verschiedenen Gesellschaften im globalen Raum und in den industriellen Produktionszweigen weiter.

---

84 Jovan Milenkovic, La question du pétrole et des carburants de remplacement en France, Paris 1936, S. 222–223.

Autor*innenverzeichnis

Stefanie Gänger (Prof. Dr.), geb. 1983, ist Professorin für Neuere Geschichte, mit Schwerpunkt langes 19. Jahrhundert, an der Universität Heidelberg. Sie wurde 2011 an der Universität Cambridge promoviert und veröffentlichte 2020 ihr zweites Buch (A Singular Remedy, Cambridge 2020) zur südamerikanischen Chinarinde. Stefanie Gänger ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Sebastian Haumann (Prof. Dr.), geb. 1981, ist Professor für Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte an der Paris Lodron Universität Salzburg. Er promovierte und habilitierte an der Technischen Universität Darmstadt zur Geschichte des Kalksteins als Industrierohstoff (Kalkstein als »kritischer Rohstoff«, Bielefeld 2020). Er ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Ronja Kieffer (M.A.), geb. 1990, promoviert an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zur Kaliindustrie im Werra-Revier in der Zeit des Kalten Kriegs und ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Barbara Orland (PD Dr.), geb. 1955, war bis 2022 Privatdozentin für Wissenschaftsgeschichte an der Universität Basel und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Pharmaziemuseum der Universität Basel. Ihre Forschungsgebiete liegen in der Wissenschaftsgeschichte der Life Sciences vom 17. Jahrhundert bis heute (Publikationen u.a., Stoffe in Bewegung, hrsg. zusammen mit Kijan Espahangizi, Zürich 2014). Sie ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Eva-Maria Roelevink (PD Dr.), geb. 1984, ist Juniorprofessorin für Wirtschaftsgeschichte an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Promoviert mit einer Studie zum Rheinisch-Westfälischen Kohlensyndikat

(Organisierte Intransparenz, München 2015), arbeitet sie zur Geschichtspolitik von Unternehmen und zur Infrastrukturgeschichte. Sie ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Jens Soentgen (Prof. Dr.), geb. 1967, ist wiss. Leiter des Wissenschaftszentrums Umwelt der Universität Augsburg. Er promovierte an der TU Darmstadt mit einer philosophischen Arbeit zum Stoffbegriff (Das Unscheinbare, Berlin 1997); später habilitierte er sich mit Studien zur stoffgeschichtlichen Methode (Konfliktstoffe, München 2019) an der Universität Augsburg.

Heiko Stoff (Prof. Dr.), geb. 1964, ist Apl. Professor für Zeit- und Wissenschaftsgeschichte der Medizin an der Medizinischen Hochschule Hannover. Promoviert wurde er an der Universität Hamburg und habilitierte an der Technischen Universität Braunschweig zur Geschichte der Wirkstoffe (Wirkstoffe, Stuttgart 2012). Er ist Mitglied im Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Nora Thorade (Dr.), geb. 1982, ist Kuratorin am Deutschen Technikmuseum in Berlin. Die Technikhistorikerin promovierte an der Ruhr-Universität Bochum zur Stoffgeschichte der Steinkohle (Das Schwarze Gold, Paderborn 2020) und ist Mitglied im DFG-Netzwerk »Stoffgeschichte«.

Helge Wendt (Dr. habil.), geb. 1978, ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Er wurde an der Universität Mannheim promoviert und habilitierte an der Freien Universität Berlin mit einer stoffgeschichtlichen Arbeit (Kohlezeit, Frankfurt am Main 2022).

Christian Zumbrägel (Dr.), geb. 1986, ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin. Der Technikhistoriker promovierte an der Technischen Universität Darmstadt zur Geschichte der Erneuerbaren Energien (»Viele Wenige machen ein Viel«, Paderborn 2018) und forscht in einem aktuellen Projekt zur Geschichte der Industriegase.